

СХЕМА ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В РЕСПУБЛИКУ САХА В СВЯЗИ С ЗАВЕРШЕНИЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА АМУРО-ЯКУТСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ОАО «Ленское объединенное речное пароходство»

В.П. Зачёсов, С.А. Ларионов

THE SCHEME OF DELIVERY OF CARGOES IN THE SAKHA REPUBLIC IN THE COMPLETION OF CONSTRUCTION OF THE AMUR-YAKUTIAN RAILWAYS

«Novosibirsk state academy of water transport»
«Lena united river shipping»
V.P. Zachjosov, S.A. Larionov

A scheme for delivery of goods to the country with an economic and mathematical model, the results of experimental calculations.

Keywords: linear formulation, delivery of goods scheme

Рассмотрена схема завоза груза в республику с использованием экономико-математической модели, приведены результаты экспериментальных расчетов.

Строительство Амуро-Якутской железнодорожной магистрали (АЯМ) существенно меняет и серьезно дополняет транспортно-экономические связи республики с другими районами Российской Федерации и ставит задачу рационального распределения грузопотоков между различными видами транспорта: речным, железнодорожным и морским, в части завоза грузов в республику Саха (Якутия) из других районов страны.

Поскольку АЯМ вводится в эксплуатацию поэтапно, представляет интерес распределения грузопотоков, следующих в республику по мере готовности дороги на отдельных участках. В связи с этим в статье рассматриваются два варианта постановки и решения задачи.

1 Железная дорога сдана в промышленную эксплуатацию на участке Беркакит-Томмот.

2 Железная дорога сдана в промышленную эксплуатацию на всем протяжении Беркакит-Томмот-Нижний Бестях.

Расчеты по рациональному распределению грузопотоков между видами транспорта производились, исходя из общих транспортных издержек (капитальных и эксплуатационных) на доставку грузов в приречные районы, а также в Якутский промышленный узел.

Расчеты проводились с применением экономико-математической модели распределения перевозок по направлениям и видам транспорта. Сущность этой модели состоит в следующем.

Распределить общее количество перевозок грузов из всех пунктов направления $\sum A_{ir}$ таким образом, чтобы удовлетворить грузополучателей всех пунктов назначения в полном объеме – $\sum B_{jr}$ с наименьшими затратами в целом по схеме перевозок.

Условные обозначения к задаче предлагаются следующие:

i, s, j, r –соответственно, признаки пункта отправления, перевалки, назначения и рода перевозимого груза;

A_{ir} – наличие r -го рода груза в i -ом пункте отправления;

B_{jr} – наличие r -го рода груза в j -ом пункте назначения;

P_{sr} – пропускная способность s -го порта перевалки по r -му роду груза;

P_z – пропускная способность пути во всех звеньях маршрута (устанавливается по минимальному значению всей цепочки принятой технологии доставки груза);

N_r – наличное количество единиц железнодорожного подвижного состава γ -го типа;

Φ_γ – наличное количество единиц тоннажа речного транспорта γ -го типа;

$\delta_{zr\gamma}$ – удельная потребность подвижного состава типа γ для перевалки r -го рода груза, следующего из i -ого пункта в j -ый через s -ый пункт перевалки;

f_{sry} – коэффициент грузового качества подвижного состава типа γ для s -го пункта перевалки r -го рода груза;

\mathcal{E}_{zr} – народнохозяйственные издержки по доставке единицы r -го груза при соответ-

ствующем варианте транспортировки;

C_{zr} – затраты (цена), которые несет грузоотправитель;

x_{zr} – искомое количество r -го рода груза, которое должно быть доставлено из i -го пункта в j -ый по z -му маршруту;

I – средняя суточная интенсивность отправления грузов.

С целью сокращения объема исходной информации и времени, потребного для решения поставленной задачи можно предположить, что сочетание $isj \rightarrow z$ представляет собой отдельные маршруты доставки грузов со всеми их характеристиками. Такое предположение, как показывают экспериментальные исследования, не оказывают существенного влияния на результаты решения задачи. С учетом принятого предположения экономико-математическая модель задачи запишется следующим образом.

1 Имеющийся в наличии r -ый род груза в i -ом пункте отправления должен быть вывезен в полном объеме

$$\sum_{zr} x_{zr} = A_i;$$

2 Потребности j -го пункта назначения в r -ом роде груза должны быть удовлетворены полностью

$$\sum_{zr} x_{zr} = B_j;$$

3 Потребное количество подвижного состава типа γ не должно превышать его наличия:

а) для железнодорожного транспорта $\sum_{zr} \delta_{zr} \cdot x_{zr} \leq N_\gamma;$

б) для речного транспорта $\sum_{zr} \delta_{zr} \cdot x_{zr} \leq \Phi_\gamma;$

4 Пропускная способность порта перевалки должна быть больше или равна общему количеству грузов, проходящих через этот порт

$$\sum_r f_{sr\gamma} \cdot x_{zr} \leq P_s;$$

5 Пропускная способность пути во всех звеньях маршрута должна обеспечить пропуск общего количества грузов, пропускаемых по каждому маршруту

$$\sum_r x_{zr} \leq P_z;$$

6 Срок доставки груза не должен превышать согласованного с грузоотправителем времени

$$\sum_{zr} \left(\frac{l}{v} \right)_{zr} x_{zr} \leq t_{доcm};$$

7 Неизвестные не должны принимать отрицательных значений

$$x_{zr} \leq 0, \text{ для всех } z, r.$$

8 Часть маршрутов по разным причинам может быть закрыта для пропуска конкретных грузов или типов подвижного состава

$$x_{zr} \equiv 0, \text{ для некоторых } z, r.$$

9 Транспортная схема должна иметь наименьшие транспортные издержки и наименьшие затраты, которые несет грузоотправитель на доставку грузов

$$\sum_{zr} (\Theta_{zr} + C_{zr}) x_{zr} = \min.$$

В состав транспортных издержек включены затраты на погрузку, перевозку, перевалку и выгрузку. При сравнении вариантов схем по завозу в Якутский воднотранспортный узел и в пункты, имеющие круглогодичную связь с Якутском, учитывалась стоимость товарной массы в пути и расходы на межнавигационное хранение в случае осуществления перевозок речным или морским транспортом. В расчетах приняты пункты отправления: Тайшет для сухогрузов поступающих в республику с запада и Сковородино – для сухогрузов, поступающих с востока. При перевозке наливных грузов пунктами отправления приняты: Ачинск для грузов, поступающих из западных районов России и Комсомольск-на-Амуре для грузов, поступающих с востока (рисунок 1).

С целью сокращения расчетов принято все грузы внешнего завоза в зависимости от типа используемого подвижного состава объединить в четыре группы:

1 Грузы закрытого храненияА;

- 2 Грузы открытого хранения Б;
 3 Грузы, следующие в контейнерах В;
 4 Наливные грузы Г.

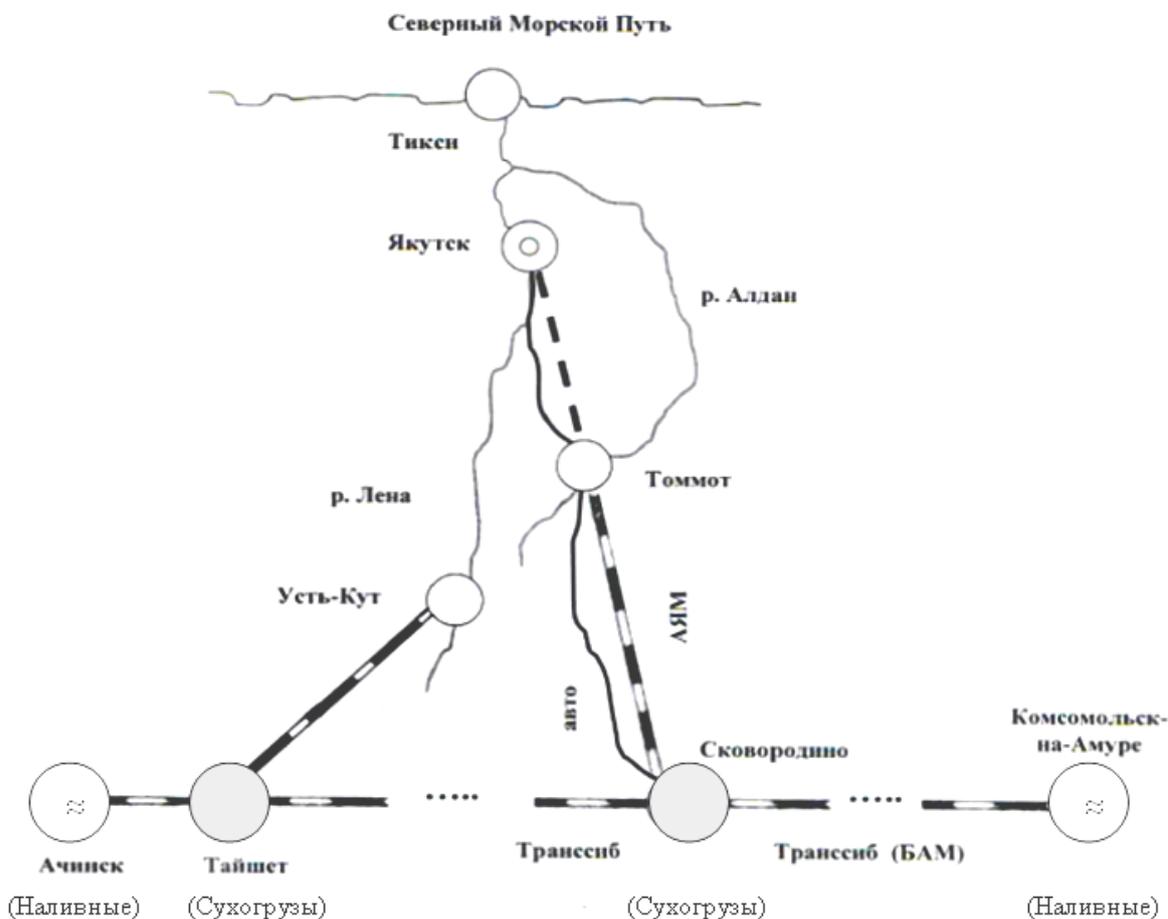


Рисунок 1 – К расчетной схеме (пункты отправления и назначения) завоза грузов в республику Саха (Якутия)

В первую группу грузов включены хлебные, цемент, химические, комбикорм, удобрения и промтовары. Во вторую – строительные, металл, пиломатериал, машины и оборудование.

Выбор рационального варианта завоза грузов осуществляется по показателю минимальных издержек на доставку грузов от поставщика до потребителя. Результаты расчетов приведены по нефтеналиву – в таблице, по сухогрузам на рисунке 2

Таблица 1 – Схемы доставки нефтеналива

Наименование района	Схема доставки по районам
1	В прямом железнодорожном сообщении с запада и востока
2	В объеме годовой потребности: с запада через Осетрово, с востока – через Нижний Бестях
3	В объеме годовой потребности: с запада через Осетрово, с востока по ж/д с перевалкой в суда в Нижнем Бестяхе
4	В объеме, осваиваемым существующим флотом: с запада через Осетрово, с востока по ж/д Нижний Бестях

Кроме многочисленного импорта товаров республика экспортирует за пределы своих границ различные по номенклатуре грузы, в основном это сырьевые ресурсы. Среди этих грузов значительную долю по количеству перевозок занимают – круглый лес, лесопродукция и каменный уголь.

Лес и лесопродукция отправляются из п. Визирный на Лене (выше устья Витима на 127 км) и п. Тинная (ниже Осетрово на 1081 км). При вывозе на восток, как показывают выполненные расчеты, из п. Визирный грузы следует переваливать на железную дорогу через

Осетрово, а на участке ниже п. Тинная – в Нижнем Бестяхе. При вывозе в западные районы все грузопотоки в полном объеме целесообразно отправлять через Осетрово.

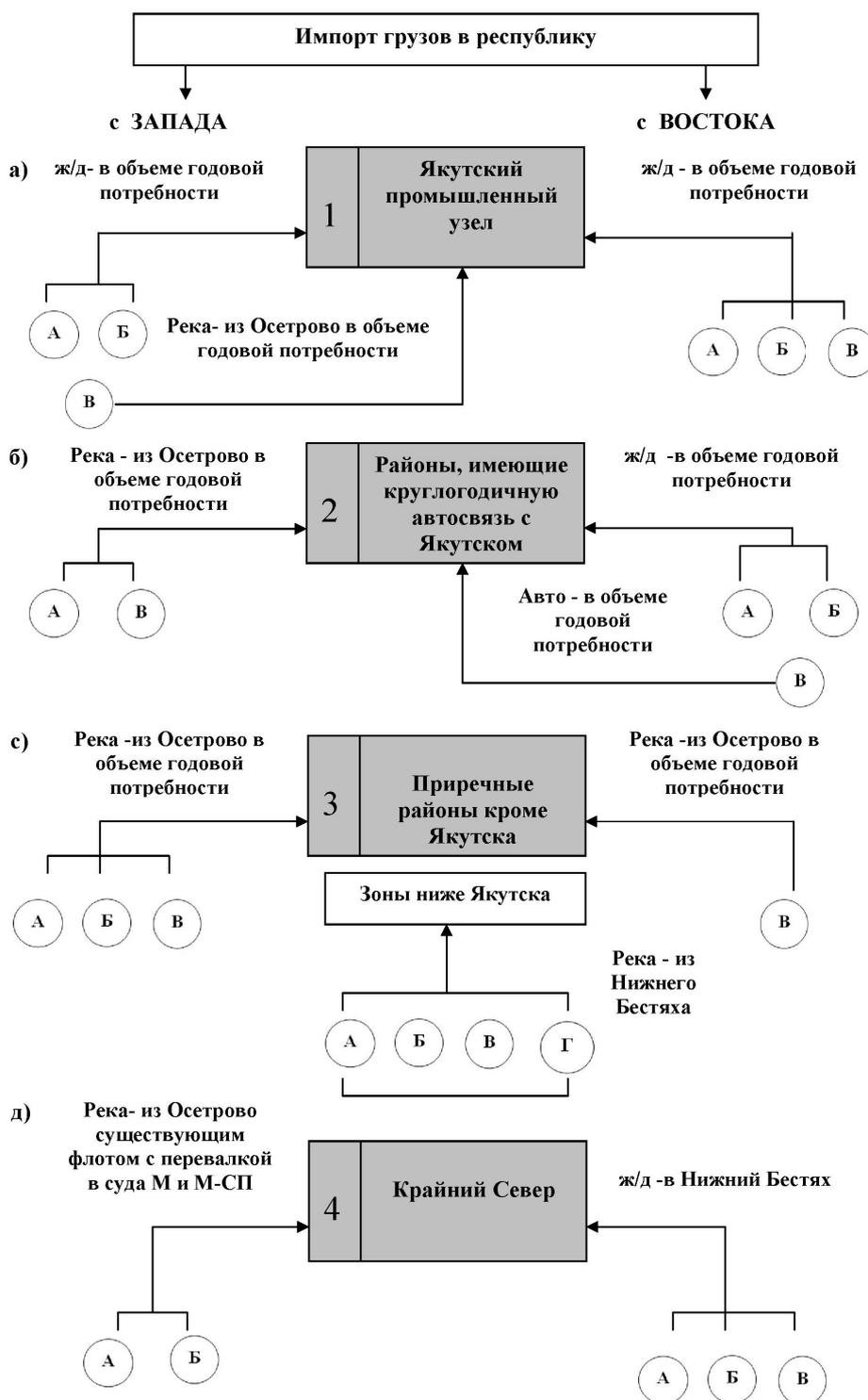


Рисунок 2 – Рациональные варианты завоза грузов в республику Саха (Якутия)

Каменный уголь импортируется из шахт Джебарики-Хая. Экономические расчеты показывают, что все количество этого груза следует направлять через Нижний Бестях и далее по железной дороге.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: линейная постановка задачи, схема завоза грузов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Зачёсов Венедикт Петрович, главный редактор журнала, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Ларионов Сергей Александрович, канд. техн. наук, генеральный директор ОАО «ЛОРП» 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 677980, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Дзержинского, 2, ОАО «ЛОРП»

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗА С УЧЕТОМ КАЧЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЕВ

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Н.В. Гончарова

ECONOMICAL-MATHEMATICAL MODEL FOR THE DETERMINATION OF OPTIMAL LOGISTIC SCHEMES OF DELIVERY OF A CARGO IN VIEW OF QUALITATIVE CRITERIA

«Volga state academy of water transport»
N.V. Goncharova

The article made proposals for accounting of quality criteria for the formation of economic-mathematical models of optimal schemes of delivery of cargoes. These recommendations are used in the formation of economic-mathematical model of logistic schemes of delivery of cargoes with participation of the river transport.

Keywords: the quality and efficiency of transportations of cargoes, the economic-mathematical model, environmental friendliness and safety

Сделаны предложения по учету качественных критериев при формировании экономико-математических моделей выбора оптимальных схем доставки грузов. Данные рекомендации использованы при формировании экономико-математической модели определения логистической схемы доставки грузов с участием речного транспорта.

Общими требованиями к формируемой экономико-математической модели (ЭММ) по определению оптимальной логистической схемы доставки грузов являются [1]: учет в экономико-математической модели типовых условий, способов и схем транспортирования грузов, от которых зависит прямо или косвенно стоимость доставки; использование в модели аналитических выражений для определения временных показателей доставки (на базе нормативной и договорной документации), которые во многом определяют стоимость и качество транспортирования (в части соблюдения сроков доставки и ответственности за это); учет возможных или вероятностных потерь (несохранности) груза при различных схемах доставки; обеспечение единого методического подхода к формированию типовой ЭММ, пригодной для расчета стоимости доставки различных грузов между пунктами отправления и назначения по обусловленным логистическим схемам; получение в конце исследований развернутые аналитические выражения, пригодные для определения стоимости доставки партий различных грузов.

Как видно из приведенного перечня требований, основным критерием, используемым при оценке и выборе логистических схем доставки, обычно является стоимость доставки. Из качественных параметров перевозки применяются соблюдение сроков доставки, а также учет возможных потерь груза через нормы естественной убыли.

По мнению автора, при оценке эффективности перевозок, а в особенности при решении на государственном уровне вопросов развития транспортной инфраструктуры должны быть учтены такие критерии, как экологичность и безопасность транспорта [2, 3]. Данные показатели практически не используются в Российской Федерации, однако анализ зарубежного опыта показывает тенденцию проявления интереса к ним со стороны транспортных экспедиторов [4]. Естественно, подобная тенденция возникла не сама по себе, а за счет политики государства в этой области.

На основании приведенных положений и основных требований сформируем ЭММ, учитывающую качественные критерии при определении оптимальной схемы доставки груза. Для этого примем следующие обозначения:

- I – множество способов доставки или средств транспортирования определенной партии груза из заданного пункта отправления до пункта назначения, $i \in I$;
- J – множество логистических схем доставки партии груза, $j \in J$;
- J_i – множество логистических схем доставки партии груза i -ым способом, $J_i \in J$;
- D – множество вариантов сочетаний транспортных средств на j -ой схеме доставки партии груза, $d \in D_j$;
- K – множество транспортных узлов сети, в которых осуществляется перегрузка груза, $k \in K$;

- F – множество транспортных средств, рассматриваемых в намеченных схемах доставки, $f \in F$;
- C_{ijd} – суммарная стоимость перевозки 1 т груза i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логистической схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, руб./т;
- G_{ne} – заданная партия груза, т;
- B_{ijk}^n – норма времени грузовой обработки на погрузку, выгрузку, перевалку груза, перевозимого i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой схеме d -ым сочетанием транспортных средств в k -ом транспортном узле, т/ч;
- t_{ijd}^H – затраты времени непосредственно на перевозку i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логистической схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, определенные по действующим на соответствующем виде транспорта правилам перевозки грузов, ч;
- T_{ne} – время, отведенное грузовладельцем на перевозку партии груза, ч;
- M_{jf} – множество d -ых сочетаний транспортных средств с участием f -го вида транспортного средства в j -ых схемах доставки груза;
- M_i – множество схем с применением i -го средства транспортирования;
- $\Pi_{y ifk}$ – пропускная способность k -го транспортного узла при обработке f -ых транспортных средств, загруженных i -ым способом или средством транспортирования, т/сут.;
- Π_{ijdf} – провозная способность f -го транспортного средства, загруженного i -ым способом, при использовании его на j -ой схеме при d -ом сочетании транспортных средств, т·км/сут.;
- L_{ijdf} – расстояние перевозки f -ым видом транспортного средства по j -ой схеме доставки и при d -ом сочетании транспортных средств груза i -ым способом, км;
- E_k – множество схем доставки груза, проходящих через k -ый транспортный узел сети с осуществлением в нем перегрузки груза, $E_k \in J$;
- χ_{ijd} – загрузка i -го средства транспортирования, используемого для перевозки груза в j -ой логистической схеме при d -ом сочетании транспортных средств, т/сут.;
- φ_f – количество имеющихся в наличии f -ых транспортных средств, ед.;
- R_i – количество имеющихся в наличии i -ых средств транспортирования, ед.;
- Q_{if} – норма загрузки f -го транспортного средства i -ым способом или средством транспортирования, т;
- $Q_{n if}$ – размер возможного недоиспользования максимальной загрузки f -го транспортного средства i -ым способом или средством транспортирования, при котором сохраняется тот же размер ставки на перевозку, т;
- m_{ijdf} – число отправлений f -ых транспортных средств, загруженных i -ым способом или средством транспортирования, в j -ой схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, ед.
- В качестве искомой переменной принимается:
- X_{ijd} – количество груза в определенной партии, предъявляемой отправителем к перевозке i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логистической схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, т.

Поиск оптимального набора искомых переменных определения стоимости доставки заданной партии минеральных удобрений (оптимального способа и схемы доставки) может быть произведен путем реализации следующей ЭММ.

Функция цели – минимизация стоимости доставки заданной партии груза путем применения того или иного способа, средства транспортирования (i), логистической схемы доставки (j) и сочетания транспортных средств (d)

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} C_{ijd} X_{ijd} \rightarrow \min, \quad (1)$$

Ограничения:

1 По количеству предъявленного к перевозке груза

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} = G_{ne} \quad (2)$$

2 По времени выполнения перевозки заданной партии груза по определенной логистической схеме доставки

$$\sum_{k \in K_j} \frac{X_{ijd}}{B_{ijk}^n} + t_{ijd}^H \leq T_{ne} \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (3)$$

В случае необходимости соблюдения ритмичности поставок или обеспечения доставки «точно в срок» ограничение (3) может принять более жесткую формулировку

$$\sum_{k \in K_j} \left[T_{ne} - \left(\frac{X_{ijd}}{B_{ijk}^n} + t_{ijd}^H \right) \right] \leq T_{откл} \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (4)$$

где $T_{откл}$ – предельно допустимая величина отклонения от даты поставки, ч;

3 По наличию транспортных средств, участвующих в доставке заданной партии груза в определенной логистической схеме доставки

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in M_{jf}} X_{ijd} \times \frac{L_{ijdf}}{P_{ijdf}} \times \frac{T_{ny}}{24} \leq \varphi_f \quad \text{для } f \in F. \quad (5)$$

4 По пропускной способности транспортных узлов в определенной логистической схеме доставки

$$\sum_{j \in E_i} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \leq P_{y_{ijdf}} \times \frac{T_{ny}}{24} \quad \text{для } i \in I, f \in F, k \in K. \quad (6)$$

5 По наличию специализированных средств транспортирования определенного типа

$$\sum_{j \in M_i} \sum_{d \in D_j} \frac{X_{ijd}}{C_{ijd}} \leq R_i \quad \text{для } i \in I. \quad (7)$$

6 По использованию грузоподъемности транспортных средств

$$Q_{if} - Q_{Hif} \leq \frac{X_{ijd}}{m_{ijdf}} \leq Q_{if} \quad \text{при } X_{ijd} > 0 \quad \text{для } i \in I, f \in F, k \in K. \quad (8)$$

7 Неотрицательность переменных

$$X_{ijd} > 0 \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (9)$$

Для учета качественных критериев и отбора логистических схем доставки с более высоким качеством и эффективностью возможно введение в ЭММ дополнительных ограничений по конкретным параметрам, связанным с величиной потерь груза, экологичностью и безопасностью осуществления доставки:

8 Ограничение по максимально возможной величине потерь груза (в пределах норм естественной убыли)

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \times \frac{N_{уб\ ij d}}{100} \leq G_{ne} - G_{дог} \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (10)$$

где $N_{уб\ ij d}$ – действующая норма естественной убыли при доставке партии груза i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логистической схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, %;

$G_{дог}$ – количество груза, согласованное по договору поставки, т.

В случае, если согласованное (договорное) количество груза совпадает с количеством груза, предъявленным к перевозке, это означает требование доставки груза в целости и сохранности, без потерь, в соответствии с которым ограничение (10) примет вид

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \times \frac{N_{уб\ ij d}}{100} = 0 \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (11)$$

9 Ограничение по размеру экологического ущерба от применения той или иной логистической схемы доставки

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D_j} X_{ijd} \times S_{y\ ij d} \leq S_{экол}^{пред} \quad \text{для } i \in I, j \in J, d \in D. \quad (12)$$

где $S_{y\ ij d}$ – удельный биосферно-экологический ущерб окружающей среде при доставке партии груза i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логисти-

ческой схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств, руб/т;
 $S_{экол}^{пред}$ – предельно допустимый размер экологического ущерба при доставке партии груза, руб.

10 Ограничение по безопасности рассматриваемых логистических схем доставки груза

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D} X_{ijd} \times S_{безоп\ ijd} \leq S_{безоп}^{пред} \text{ для } i \in I, j \in J, d \in D.$$

где $S_{безоп\ ijd}$ – удельная стоимостная оценка затрат на обеспечение безопасности при доставке партии груза i -ым способом или в средстве транспортирования в j -ой логистической схеме доставки при d -ом сочетании транспортных средств (с учетом расходов на страхование грузов и транспортных средств, а также включая экономический риск), руб/т;

$S_{безоп}^{пред}$ – предельно допустимый размер затрат на обеспечение безопасности используемых логистических схем доставки груза, а также вероятных убытков при наступлении вероятных рисков, руб.

Предложенная ЭММ по определению оптимальных логистических схем доставки позволяет дополнительно:

- учитывать не только соблюдения нормативных (договорных) сроков доставки, но также, при необходимости, ритмичности поставок и рисков (ущерба), связанных с невыполнением обязательств по доставке «точно в срок» и т.п.;

- использовать при расчете стоимостных показателей оценки экологичности различных логистических схем доставки (через стоимостное выражение ущерба от применения того или иного вида транспорта в рамках избранных схем доставки груза);

- учитывать безопасность применения той или иной логистической схемы (через величину страховых взносов, вероятность и размеры потенциального ущерба транспортным средствам, грузу и другим участникам транспортного процесса, а также связанные с этим дополнительные издержки грузовладельцев).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ничипорук, А.О. Методические основы определения оптимальных способов и схем транспортирования минеральных удобрений: монография / А.О. Ничипорук. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 110 с.
2. Телегин, А.И. К вопросу об учете качества при определении эффективности грузовых перевозок на речном транспорте / А.И. Телегин, А.О. Ничипорук, Н.В. Гончарова // 12-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2010». В 2 т. : тр. конгр.– Н. Новгород, 2011. - Т. 2. – С. 216–218.
3. Гончарова, Н.В. Система стандартных показателей качества грузовых перевозок: теоретический аспект / Н.В. Гончарова // Актуальные проблемы социально-экономического развития организации : материалы I всерос. науч.-практ. конф. – Самара, 2010. – С. 45–48.
4. Транспортное экспедирование : учеб. пособие / А.И. Телегин [и др.]. – Изд. 2-е, с доп. и изм. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 396 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *качество и эффективность перевозок грузов, экономико-математическая модель, экологичность и безопасность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Гончарова Наталья Владимировна, аспирант ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

ООО Холдинговая компания «Якутский речной порт»

Р.В. Васильев

METHODOLOGICAL BASES OF JUSTIFICATION OF THE ORGANIZATION OF TRANSPORT PROCESS

Holding company «Yakut river port»

R.V. Vasilev

The article presents the methodological foundations justify organizing the transport process.

Keywords: transport process, organization, study, methodological foundations

Изложены методические основы обоснования организации транспортного процесса.

Методической основой обоснования организации транспортного процесса при перевозке грузов флотом судоходной компании является системный подход, в соответствии с кото-

рым исследуемая проблема представляется как комплекс оптимизационных задач.

Анализируя его можно выделить два блока наиболее значимых задач. Первый – рациональное, экономически целесообразное использование имеющихся производственных, трудовых, экономических и финансовых ресурсов для достижения целей организации, внедрения передовых методов труда, рациональной технологии и организации перевозок. Второе – выбор оптимальной стратегии технического, экономического и социального развития предприятия, разработка основных концептуальных направлений и их реализация в конкретных решениях организации транспортного процесса.

Первый блок задач реализуется, как правило, без привлечения дополнительных финансовых ресурсов и инвестиций. Исключение могут составить решения, направленные на внедрение передовых методов труда, новой техники, рациональной технологии и организации. Объем инвестиций здесь незначителен по сравнению со вторым блоком, реализация которых вообще не возможна без них.

Рассматривая систему организации транспортного процесса, осуществляемого судовой компанией, в качестве объекта исследования, в первый блок решений следует отнести, прежде всего, обоснование и внедрение рациональных, экономически целесообразных схем освоения и способов перевозки; использование видов транспорта и типов судов в рациональных сферах их применения; разработка и реализация оптимального плана организации перевозок и работы флота, рациональных режимов движения судов и составов. Комплекс этих задач образует систему эксплуатационно-экономического обоснования организации транспортного процесса при перевозке грузов.

Второй блок задач направлен на формирование рациональной структуры технических средств предприятия, для судовой компании – это транспортный флот, речного порта – перегрузочная техника и оборудование, судоремонтного предприятия – технические средства, используемые при выполнении судоремонтных работ. В перечень таких задач входят: обоснование структуры транспортного флота по типам судов; оптимизация типов судов и составов, их основных параметров; обоснование стратегии замены и пополнения судов.

Системный подход при решении поставленных задач дает возможность установить качественные и количественные изменения, происходящие, как в целостной системе, определения противоречий, так и между отдельными ее элементами, так и между ними и внешней средой. С позиций такого подхода транспортный процесс или судовая компания, как объекты исследования, могут быть представлены как открытая многоцелевая иерархическая, изменяющаяся во времени, сложная система с присущими только ей свойствами. Она обладает целенаправленностью, критериальностью, комплексностью, динамичностью, оптимизируемостью. Изучение таких свойств и полученных результатов позволяет комплексно решать исследуемую проблему.

При этом каждый из них имеет свои внутренние и внешние параметры, характеризуется динамичностью и вероятностным характером, как в пространстве, так и во времени. Находясь в постоянном движении, система обеспечивает предприятия и организации, а также различные производственные объединения, в части доставки грузов в различные районы, находящиеся в зоне функционирования воднотранспортной системы (системы более высокого порядка). Такая система может быть построена на базе системного анализа, который основан на изучении, в первую очередь, свойств управляемой системы. Характеризуя их, можно выделить следующие:

- система является, прежде всего, совокупностью элементов, при определенных условиях отдельные из которых могут рассматриваться как подсистемы (системы более низкого порядка);

- наличие существующих связей между элементами и (или) свойствами, превосходящими по мощности связи элементов с элементами, не входящими в данную систему;

- наличие определенной организации, что проявляется в снижении степени неопределенности системы по сравнению с системообразующими определяющими возможностями создания системы;

- существование интегративных свойств, присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности.

Рассматривая задачи эксплуатационно-экономического обоснования организации транспортного процесса при доставке грузов, установлены связи его с другими элементами системы (рисунок 1) Входные параметры, определяющие внешние связи системы, устанавливаются на основе спроса на грузовые перевозки. Таковыми являются состав и показатели

перевозок, а также характеристики грузовых потоков. Организация транспортного процесса представляет собой способ взаимодействия всех элементов систем (флот; водные пути; порты с перегрузочной техникой, оборудованием, складами и рейдами, а также прочие технические средства) при выполнении грузовых перевозок с минимальными затратами.

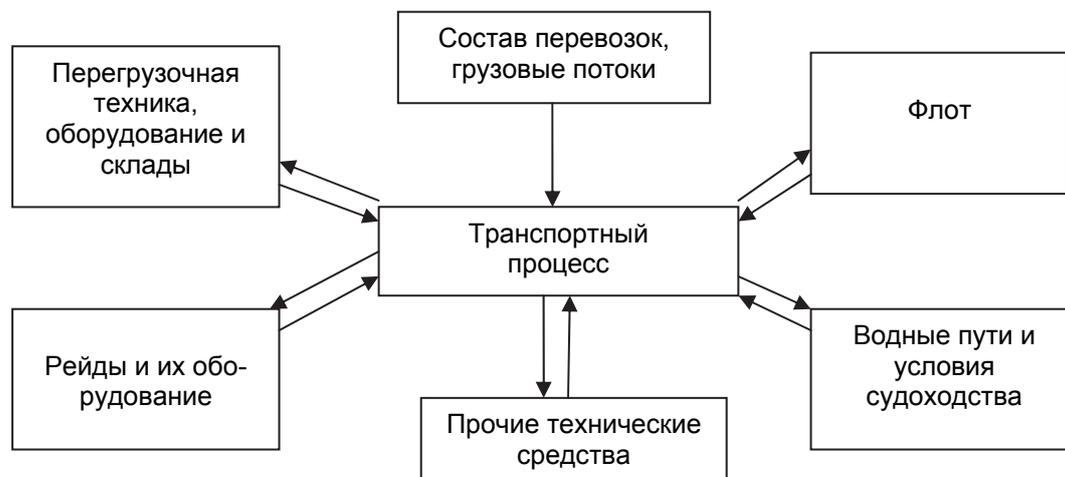


Рисунок 1 – Схема взаимодействия элементов системы при доставке грузов потребителям

Изложенные принципы реализованы в методическом инструментарии эксплуатационно-экономического обоснования организации транспортного процесса, осуществляемого судоходной компанией при перевозке грузов. Для этого производится декомпозиция проблемы на отдельные задачи по уровням и значимости. Логическая последовательность решения комплекса задач следующая (рисунок 2). На первом этапе анализируется рынок транспортных услуг, в границах которого судоходная компания осуществляет хозяйственную деятельность, а также оценивается её возможности.

Далее на основе полученных результатах разрабатывается план перевозок и корреспонденция грузовых потоков. Учитывая современные условия хозяйственной деятельности, которым присущи факторы неопределенности, экономического риска и конкуренция, рекомендуется несколько вариантов плана и корреспонденции с разной степенью вероятности.

На третьем этапе производится распределение перевозок по видам флота. Устанавливается, какие грузопотоки закрепляются за самоходными и несамоходными грузовыми судами. Решение этой задачи может быть осуществлено с помощью соответствующих экономико-математических моделей [3].

Для упрощения можно отдельно рассмотреть каждый вид флота. При этом рекомендуется применить ПЭВМ и компьютерную программу Microsoft Excel «обобщенная транспортная задача».

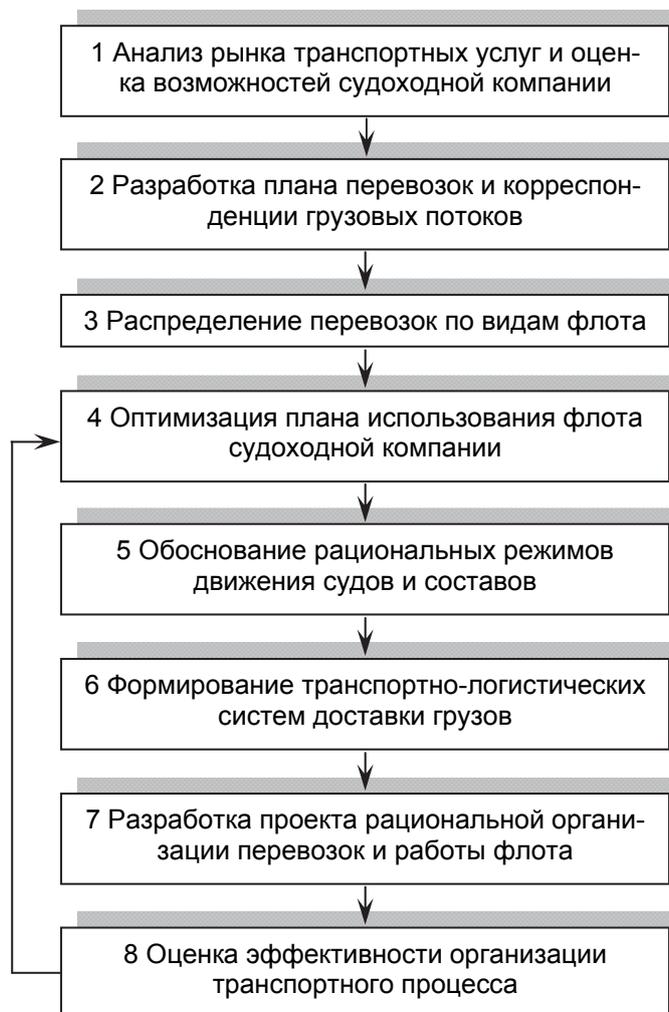


Рисунок 2 – Логическая последовательность решения комплекса задач в системе обоснования организации транспортного процесса судоходной компании

Таким образом, обеспечивается высокая степень обоснованности полученных решений.

Далее производится обоснование рациональных режимов движения судов и составов, работающих на определенных направлениях перевозок, установленных при разработке оптимального плана использования флота [1].

Режимы движения зависят от работы судовых двигателей. При уменьшении числа оборотов снижается расход топлива и скорость движения. Кроме того, снижается провозная способность флота из-за увеличения кругового рейса. Снижение скорости возможно до уровня, обеспечивающего управляемость судов и составов. Этот режим используется только при движении вниз, вверх – не рекомендуется.

Выбор рационального режима движения судов и составов осуществляется на основе эксплуатационно-экономического обоснования.

На шестом этапе исследуется возможность формирования транспортно-логистических систем доставки грузов [2]. Определяются основные параметры и эффективность функционирования системы.

На основании результатов обоснований, выполненных с третьего по шестой этапы, разрабатывается проект рациональной организации транспортного процесса при перевозке грузов флотом судоходной компании. Оформляется он в виде графика движения флота, в составе которого приведены соответствующие разделы и мероприятия по его реализации в течение навигации.

Решение комплекса задач обоснования организации транспортного процесса перевозки грузов флотом судоходной компании завершается оценкой эффективности разработанного проекта. Система оценочных показателей состоит из эксплуатационных, экономических и финансовых показателей. В случае отрицательного результата, их ухудшения по сравнению с фактическими (отчетными) производится возврат к задаче третьего уровня (этапа) и цикл расчетов повторяется. Процесс оптимизации завершается при получении положительного результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бунеев, В.М. Эксплуатационно-экономическая оценка режимов движения буксирных судов и составов / В.М. Бунеев, Р.В. Васильев, Е.А. Григорьев // Современные тенденции функционирования и развития транспортного комплекса Сибири: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2012.

2 Васильев, Р.В. Обоснование параметров транспортно-логистических систем доставки грузов на притоки и боковые реки / Р.В. Васильев // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2011. -№2. - С. 17-21.

3 Пьяных, С.М. Экономико-математические методы оптимального планирования работы речного транспорта / С.М. Пьяных. -М.: Транспорт, 1988. -253 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортный процесс, организация, обоснование, методические основы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Васильев Радий Вениаминович, генеральный директор ООО ХК «Якутский речной порт»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 677018, Республика Саха (Якутия), г. Якутск ул. Новопортовая, 1, ООО ХК «Якутский речной порт»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА И СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.А. Смирнов

SIMULATION OF TRANSPORTATION PROCESS AND ROLLING STOCK SERVICE SYSTEMS ON RAILWAY TRANSPORT

«Omsk state transport university»

V.A. Smirnov

Simulation matters of transportation process and rolling stock service systems on railway transport are considered, the technique of dynamic simulation is offered.

Keywords: simulation, transportation process, rolling stock service and repairing

Рассматриваются вопросы математического моделирования перевозочного процесса и систем обслуживания подвижного состава на железнодорожном транспорте, предлагается методика динамического имитационного моделирования.

Минимальный вариант стратегии развития железнодорожного транспорта России до

2030 года предусматривает увеличение грузооборота по сравнению с 2007 г. годом в 1,47 раз, пассажирооборота в 1,16 раза с достижением объемов перевозок 3050 млрд. т·км и 202 млрд. пасс.·км соответственно, ожидаемая погрузка превысит 1,9 млрд. т. Для максимального варианта показатели роста составят 1,58 в грузовом и 1,33 в пассажирском движении соответственно [1].

В перспективе до 2030 года наибольшей загрузкой будут характеризоваться железнодорожные линии на подходах к Санкт-Петербургскому железнодорожному узлу, Северному Кавказу, портам Приморского края, а также железнодорожные линии на подходах к Дальнему Востоку, на выходах из Западной Сибири и Урала, на подходах к Московскому железнодорожному узлу. По ряду лимитирующих участков железнодорожной сети ожидаемый рост объемов грузовых перевозок может достигнуть 1,5-2 раз.

Обоснованное решение задач увеличения пропускной и провозной способности железнодорожных линий требует предварительной оценки предельных параметров функционирования ключевых элементов системы, сравнению различных вариантов с учетом воздействия внешних и внутренних факторов перевозочного процесса.

Наиболее эффективным способом проведения подобных исследований является математическое моделирование одним из трех способов: дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование и системная динамика [2].

При дискретно-событийном моделировании перевозочный процесс рассматривается как события ключевых объектов системы, такие как: «ожидание», «подготовка маршрута», «движение с грузом», «разгрузка», «проба тормозов» и т.д. Метод позволяет с высокой степенью детализации описать процессы работы станционных устройств, сортировочных горок, парков приема и отправления и т.д. Основным недостатком метода является его значительная трудоемкость.

Агентное моделирование – относительно новое направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами, а наоборот. На железнодорожном транспорте применение ограничено, используется для моделирования децентрализованных систем (например, городского автотранспорта).

Метод моделирования «системная динамика» основан на представлении железнодорожной системы на уровне макроэлементов: парк приема и отправления, пассажирская техническая станция, участок железнодорожной сети, пункт технического обслуживания вагонов, механизированный пункт подготовки вагонов под погрузку, пункт смены локомотивных бригад и т.д. Транспортный поток выражается интенсивностью – количеством поездов в сутки.

Объекты железнодорожной сети задаются параметрически и характеризуются переменными – объемами выполненных работ по технологическим операциям. Предлагаемая методика системно-динамического моделирования перевозочного процесса характеризуется следующими основными признаками:

- подходы и внутренние соединения участка железнодорожной сети представляются в виде шин сигналов;
- сигналами в модели являются функции интенсивности движения поездов;
- интенсивности входящих поездопотоков на границах модели реализованы в виде дискретных случайных величин, имеющих Пуассоновское распределение;
- объекты инфраструктуры являются подсистемами модели, реализующими: линейные, нелинейные и интегральные преобразования сигналов, задержки сигналов по времени и обратные связи;
- топологические, технологические параметры железнодорожной системы и результаты расчетов хранятся в специальной структуре данных, представляющих собой систему электронных таблиц;
- работа станций реализована с помощью общих функциональных модулей: генерирующего, распределительного, перерабатывающего и накопительного.

В качестве примера на рисунке 1 приведена структурная схема главного модуля математической модели Екатеринбургского железнодорожного узла, выполненная в системе моделирования MATLAB.

Основными элементами модели являются железнодорожные станции, перегоны между станциями и потоки поездов. Станции связаны перегонами. Потоки проходят по перегонам и преобразуются на станциях. Исходными данными для модели являются известные и прогно-

зируемые размеры движения по видам подвижного состава.

Екатеринбургский железнодорожный узел

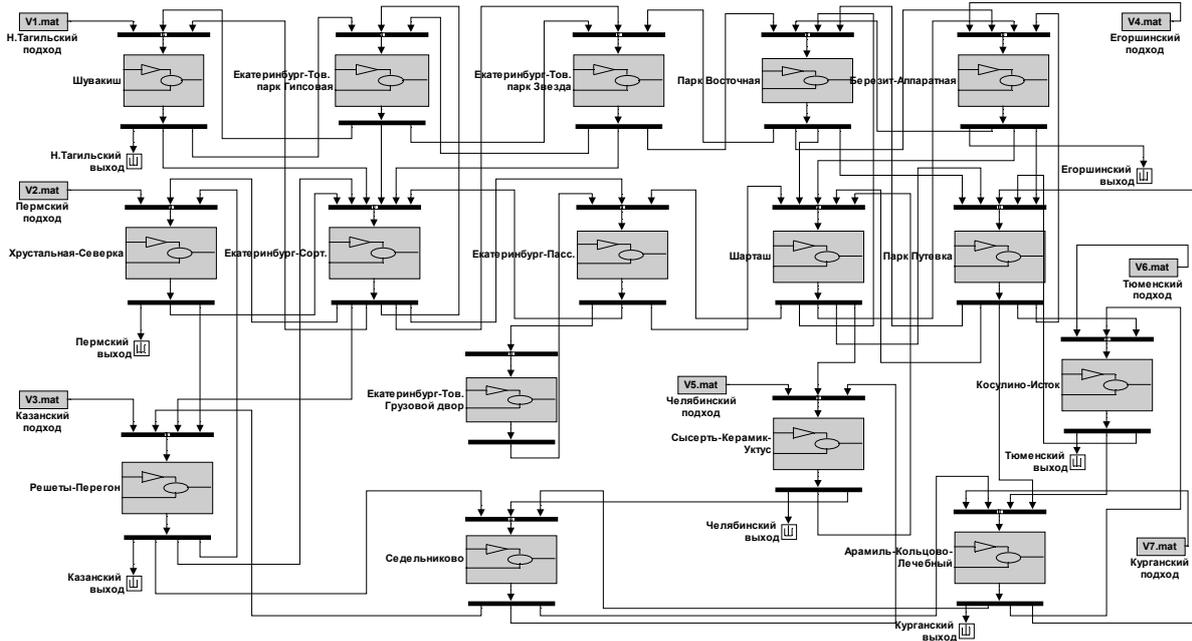


Рисунок 1 – Главный модуль модели Екатеринбургского железнодорожного узла

Потоки поездов делятся на внешние и своего формирования. С другой стороны, каждый поток состоит из пассажирских и грузовых поездов. В свою очередь, пассажирские и грузовые поезда делятся на более специализированные, так называемые «элементарные» виды. Поездостоки в модели количеством m элементарных потоков и математически задаются вектором интенсивностей движения

$$Pot(t) = (pot_1(t), \dots, pot_m(t)); t = 1, \dots, 24 \text{ поездов в час.}$$

Интенсивность движения определяется размером движения $Vol = (vol_1, \dots, vol_m)$ поездов в сутки и неравномерностью движения в течение суток. Для моделирования неравномерности движения в течение суток поток представляется $Pot(t)$ в виде случайной величины, распределенной по закону Пуассона, с математическим ожиданием \overline{Pot} .

Закон Пуассона описывает распределение числа появлений какого-либо события на заданном промежутке времени, если известно среднее число появлений события в единицу времени и события появляются независимо друг от друга. Событием является прибытие на станцию поезда. Вероятность прибытия на станцию N поездов k -го вида за время $\Delta t = 1$ ч равна

$$p_N = \frac{(\overline{pot}_k \cdot \Delta t)^N}{N!} \exp(-\overline{pot}_k \cdot \Delta t). \tag{1}$$

Возможные маршруты движения потоков внутри рассматриваемого участка железнодорожной сети определяются связями между станциями и описываются внутриузловой маршрутной матрицей A размером $(n+k) \times (n+k)$, состоящей из нулей и единиц, где n - количество станций на рассматриваемом участке железнодорожной сети. Объединенный входящий на станцию поток $PV = (pv_1, \dots, pv_s)$ состоит из $K = s \cdot m$ элементарных потоков, где $s = p_i$. Для каждого элементарного потока вычисляется текущий размер движения

$$ven_j(t) = \int_0^t pv_j(s) ds; j = 1, \dots, K, \tag{2}$$

и записывается в файл.

Далее каждый из элементарных потоков распределяется по видам обработки (например: смена бригады и локомотива, пополнение, отцепка вагонов, безостановочный пропуск, прием и отправление и т.п.). Распределение потока $PV(t)$ по видам переработки задается

матрицей B размера $\ell \times K$, в которой элемент b_{kj} - это доля j -го элементарного потока, поступающая на k -ый вид переработки

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1K} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{\ell 1} & b_{\ell 2} & \dots & b_{\ell K} \end{pmatrix}; \quad b_{kj} \geq 0; \quad \sum_{k=1}^{\ell} b_{kj} = 1. \quad (3)$$

Поток, поступающий на k -ый вид переработки, имеет вид

$$L_k(t) = b_{k1} \cdot pv_1(t), \dots, b_{kK} \cdot pv_K(t). \quad (4)$$

Поток $L(t) = L_1(t), \dots, L_{\ell}(t)$ задает распределение потока $PV(t)$ по видам переработки и содержит $N = m \cdot s \cdot \ell$ элементарных потоков $\ell_k(t)$.

Поток L суммируется с генерируемыми на станции потоками и потоками из очереди, ожидающих переработки составов. Для каждого элементарного потока $\ell p_k(t)$ определяется текущий объем переработки

$$vp_j(t) = \int_0^t \ell p_j(t) dt; \quad j = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Далее, к каждому элементарному потоку из потока $L(t)$ применяется задержка на время $tp_j, j = 1, \dots, M, M = ms(\ell - 1)$ равное среднему времени переработки единицы этого потока для соответствующего вида переработки.

Получившийся поток $L\ell(t) = \ell i_1(t), \dots, \ell i_M(t)$ поступает в блок формирования исходящих со станции потоков, имеющим аналогичную структуру и принцип функционирования. При формировании выходящего поездопотока элементарные потоки грузовых составов суммируются с потоками составов из очереди, ожидающих выхода на перегон. Очередь формируется с учетом коэффициентов съема ниток графика по пассажирским и пригородным поездам.

Структура данных имитационной модели учитывает:

- технологическую схему приема и отправления поездов, количество подходов к станции;
- структуру поездопотока, количественные параметры элементарных потоков;
- возможные виды работ для каждого из элементарных потоков;
- схему распределения поездопотока внутри станции;
- время выполнения технологических операций;
- производительность устройств обслуживания подвижного состава;
- длины перегонов и среднюю техническую скорость следования поездов;
- пропускную способность перегонов для грузового движения;
- коэффициенты съема ниток графиков грузовых поездов при пропуске пассажирских и пригородных и ряд других параметров в соответствии со спецификой технологии работы железнодорожного узла или сети региона.

Для нормального функционирования железнодорожного узла необходимо, чтобы значения интенсивностей поездопотоков и текущие объемы переработки на станциях находились в допустимой области. Границы области определяются пропускной способностью перегонов, горловин станций, перерабатывающей способностью сортировочных устройств, путевым развитием грузовых и промежуточных станций, производительностью объектов локомотивного и вагонного хозяйства, обеспечивающим техническое обслуживание и подготовку к перевозкам подвижного состава.

В процессе имитационного моделирования рассчитывается и сохраняется в файле текущий объем выполненных на станции работ, интенсивность исходящего потока, интенсивность входящего потока, размер исходящего потока, размер входящего потока.

По результатам имитационного моделирования рассчитываются и графически представляются следующие параметры:

- процент использования пропускной и перерабатывающей способности;
- время задержки поездов в пути следования (сверхнормативное время);
- почасовой и суточный объем выполненной работы по каждому из объектов станционной инфраструктуры.

Расчет параметров движения поездов осуществляется в соответствии с действующими

отраслевыми нормативно-техническими рекомендациями по расчету пропускной способности железных дорог [4].

Для интегральной оценки железнодорожного узла как технологической системы введены два дополнительных показателя – количество составов в узле и среднее время прохождения узла, характеризующие динамические параметры взаимосвязанных объектов железнодорожной инфраструктуры (динамический отклик). Примеры результатов моделирования приведены на рисунке 2.

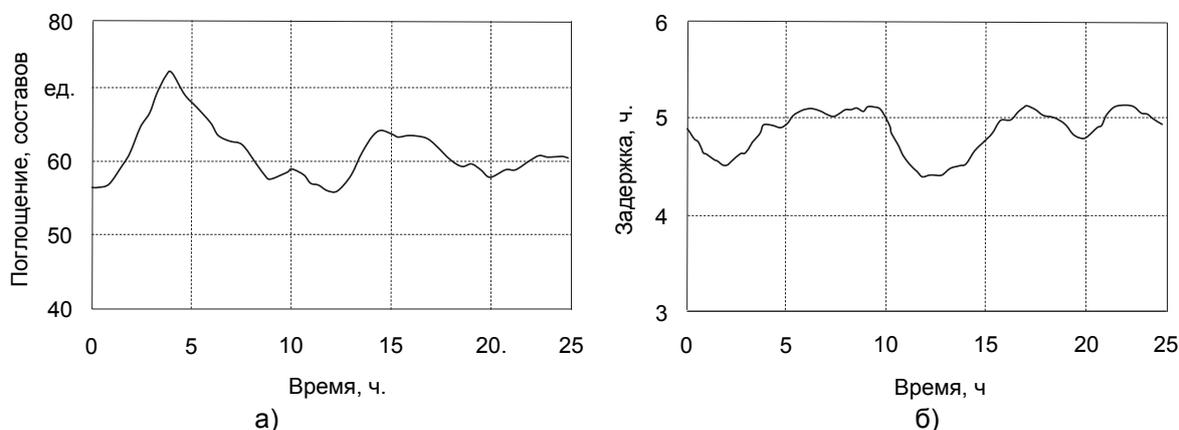


Рисунок 2 –Пример отображения результатов интегральной оценки работы железнодорожного узла: а)-собственное поглощение поездопотока, б)-динамическая задержка транзитного поездопотока при прохождении узла

Количество составов в узле в момент времени t есть разность $V_1(t) - V_2(t)$ между размером входящих в узел потоков и исходящих из узла потоков на интервале $(0, t)$. Здесь $V_1(t)$ - сумма всех видов входящих потоков: пассажирских и грузовых со всех направлений; $V_2(t)$ - сумма всех видов исходящих потоков: пассажирских и грузовых во всех направлениях).

Время переработки входящего в узел потока в момент времени t есть время s , найденное из уравнения $V_2(t + s) = V_1(t)$. Если, например, до момента времени t в узел прибыло N составов, а до момента времени t_1 со станции убыло N составов, то время переработки

$$s(t) = t_1 - t .$$

Работа объектов локомотивного и вагонного хозяйства, обеспечивающих техническое обслуживание и ремонт подвижного состава, на макроуровне моделируется как вид обработки составов на станции. Задаются технологическими параметрами процесса – средним временем выполнения и количеством параллельных позиций.

При наличии на станции предприятия по ремонту, техническому обслуживанию или подготовке к перевозкам локомотивов или грузовых вагонов, количество единиц подвижного состава, поступающих на плановые виды ремонта, выполняемые по пробегу, в первом приближении можно оценить с учетом следующих допущений:

- распределение подвижного состава, следующего через рассматриваемый участок железнодорожной сети, по пробегу принимается равномерным на интервале $[0, \ell_{\max}]$, где ℓ_{\max} - максимальный межремонтный пробег, допускаемый для данного вида ТО и ремонта в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов;

- коммерческие, политические, технологические и иные предпочтения при выборе предприятия для выполнения ремонта или ТО отсутствуют, все предприятия принимаются технологически равнозначными.

В этом случае доля единиц подвижного состава, подлежащих отцепки от составов для плановых видов ремонта может быть найдена как

$$\gamma_i = \frac{\ell_{\max}^{(i)} - \ell_{\min}^{(i)}}{\ell_{\text{н}}^{(i)}} , \tag{6}$$

где ℓ_{\min} – нижняя граница интервала пробега подвижного состава для постановки на ремонт с учетом местных эксплуатационных факторов: полигона эксплуатации,

географии размещения ближайших предприятий, выполняющих аналогичные функции;

ℓ_n – нормативный межремонтный пробег для i -го вида ремонта.

Для пунктов текущего отцепочного ремонта (ТОР) γ определяется вероятностью выявления при ТО в составе поезда вагона с признаками повреждений или дефектов, требующих устранения с отцепкой от состава.

Таким образом, на i -ый вид ремонта j -го типа подвижного состава за время t поступит

$$vr_i(t) = \gamma_i \cdot PV_j(t) \cdot n_j, \quad (7)$$

где n_j – среднее число единиц подвижного состава, подлежащего i -му виду ремонта в составе поезда;

PV_j – суммарный входящий поездопоток составов j -го вида на M подходах к рассматриваемому участку железной дороги

$$PV_j(t) = \sum_{p=1}^M \int_0^t \ell p_j^{(p)}(t) dt; \quad j = 1, \dots, N. \quad (8)$$

Время задержки в пути следования поездов на выполнение технологических операций по обработке состава на станции представляется в следующем виде

$$tp_j = (E_j / \rho_j) + G_j, \quad (9)$$

где E_j, G_j – константы, зависящие от категории поезда, длины состава, номенклатуры технологических операций, технологии производства работ;

ρ_j – производительность технических средств обслуживания или ремонта подвижного состава.

Конкретные численные значения величин выражения (9) при расчетах принимаются на основании эксплуатационных (фактических), нормативных или проектных значений норм времени выполнения технологических операций и производительности устройств локомотивного и вагонного хозяйства.

Разработанная методика позволяет моделировать перевозочный процесс и работу устройств системы обслуживания подвижного состава в границах железнодорожных узлов и транспортных систем регионов с учетом параметров интенсивности и неравномерности движения поездов, времени выполнения технологических операций по обработке составов на станциях, ограничений по пропускной и перерабатывающей способности железнодорожной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. -М., 2008.
- 2 Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. -М.: Мир, 1978. -420 с.
- 3 Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB / Ю. Лазарев. -СПб.: Питер, 2005. -512 с.
- 4 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. -М.: Трансп., 1991. -304 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *имитационное моделирование, перевозочный процесс, обслуживание и ремонт подвижного состава*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Смирнов Виктор Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

АНТИКРИЗИСНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

П.В. Буковинин

ANTI-RECESSIONARY APPROACHES TO FLOW OF FUNDS MANAGEMENT

«Siberian state transport university»

P.V. Bukovinin

In article there is task to consider the importance of anti-recessionary approaches in the management of financial flows at the enterprise. Characteristics of the approaches, allowing to estimate the enterprise value are analysed. The special attention pays to «the discounted cash flow method» which is recognized as the universal.

Keywords: financial streams, crisis, enterprise, methods, income, financial analysis, liquidity, surplus, investors, creditors

Рассмотрена важность антикризисных подходов в управлении финансовыми потоками на предприятии. Проанализированы характерные особенности подходов, позволяющих оценить стоимость предприятия. Особое внимание обращается на «метод дисконтированного денежного потока», который признан универсальным.

Важность и значение управления денежными потоками на предприятии трудно переоценить, поскольку от его качества и эффективности зависит не только устойчивость предприятия в конкретный период времени, но и способность к дальнейшему развитию, достижению финансового успеха на долгую перспективу. Управление денежными потоками – важнейший элемент финансовой политики предприятия. Основной целью анализа денежных потоков, является анализ финансовой устойчивости и доходности предприятия, который прежде всего зависит от операционной (текущей) деятельности и характеризует степень самофинансирования предприятия, его финансовую силу, финансовый потенциал, доходность.

Существует несколько подходов, позволяющих оценить стоимость предприятия.

Доходный подход предусматривает использование:

– метода капитализации, применяется к тем предприятиям, которые успели накопить активы в результате капитализации в предыдущие периоды. Иными словами, этот метод дает возможность дать оценку предприятиям, работающим продолжительный период времени;

– метода дисконтированных денежных потоков, который ориентирован на оценку предприятия, как действующего, так и предполагающее дальнейшее развитие. Он более применим для оценки молодых предприятий, не успевших заработать достаточно прибыли для капитализации в дополнительные активы, но которые, тем не менее, имеют перспективный продукт и обладают явными конкурентными преимуществами по сравнению с существующими и потенциальными конкурентами.

Затратный подход использует:

– метод чистых активов применяется для случая, когда инвестор намеревается закрыть предприятие либо существенно сократить объем его выпуска;

– метод ликвидационной стоимости, определяется в случае принудительной ликвидации компании. Ликвидационная стоимость означает чистую сумму, которую собственник может получить при ликвидации компании и раздельной распродаже ее активов.

Сравнительный подход использует:

– метод рынка капитала, основанный на использовании цен акций аналогичных компаний, сформированных открытым фондовым рынком;

– метод сделок, используется, когда инвестор намеревается закрыть предприятие либо существенно сократить объем его выпуска;

– метод отраслевых коэффициентов. Метод ориентирован на оценку предприятия, как действующего, так и продолжающего дальнейшее функционирование.

Среди них наиболее универсальным методом является «метод дисконтированного денежного потока». Это метод определения капитализированной стоимости доходов, позволяет каждый доход или группу доходов со своими ставками дисконтирования привести к величине, равной сумме их текущих стоимостей. Таким образом, данный метод можно еще называть методом последовательного определения стоимости будущих денежных потоков на дату оценки. На основании этого метода при определении стоимости предприятия целесообразно решить две задачи: проанализировать и спрогнозировать будущие потоки денежных доходов с точки зрения их структуры, величины, времени и частоты их поступлений и определить ставки, по которым необходимо рассчитать будущую стоимость. Метод дисконтированных денежных потоков используется в следующих случаях:

– ожидается, что будущие уровни денежных потоков будут существенно отличаться от текущих;

– предприятие представляет собой крупный многофункциональный коммерческий объект;

– потоки доходов и расходов носят сезонный характер.

Существуют семь этапов при оценке предприятия методом дисконтированных денежных потоков:

1 Производится выбор модели денежного потока.

2 Определяется длительность прогнозного периода.

3 Осуществляется ретроспективный анализ и прогнозирование валовой выручки от реализации.

4 Определяется ставка дисконта.

5 Производится расчет величины стоимости в постпрогнозный период.

6 Осуществляется расчет текущих стоимостей будущих денежных потоков и стоимости в постпрогнозный период.

7 Вносятся итоговые поправки.

Движение денежных средств позволяет оценить воздействие текущей, инвестиционной и финансовой деятельности организации на величину рыночной стоимости фирмы и позволяет объяснить изменения денежных средств за этот период. Отчет о движении денежных средств является очень важной информацией как для руководства организации, так и для ее инвесторов и кредиторов. Руководство организации может использовать сведения отчета при расчете ликвидности организации, при определении дивидендов, для оценки общего состояния организации. Кроме того, отчет поможет руководству планировать инвестиционную и финансовую политику организации. Инвесторы и кредиторы используют данные отчета о движении денежных средств чтобы убедиться, может ли руководство организации управлять ею так, чтобы генерировать на счетах достаточное количество денежных средств для погашения долга, для выплаты дивидендов.

Составными частями отчета о движении денежных средств является поступление и выбытие денежных средств, отраженные в инвестиционной и финансовой деятельности организации. Под инвестиционной деятельностью понимают приобретение и реализацию основных средств, ценных бумаг, выдачу кредитов и т.д.

Текущая деятельность включает в себя воздействие на денежные средства хозяйственных операций, оказывающих влияние на размер прибыли организации. К этой категории операций относятся: реализация товаров (работ, услуг), приобретение товаров (работ, услуг), необходимых в производственной деятельности организации, выплата процентов за кредит, выплаты по заработной плате, перечисления налогов. Финансовая деятельность включает в себя получение от собственников и возврат собственникам средств для деятельности компании, операции по выкупленным акциям и др.

Большую роль в анализе финансового состояния компании играет составление отчета о движении денежных средств. Он выполняет следующие функции:

- Определение денежных средств в результате текущей деятельности организации;
- Определение денежных средств в результате инвестиционной деятельности организации;
- Определение денежных средств в результате финансовой деятельности организации.

Если объектом управления данной системой выступают денежные потоки предприятия, связанные с осуществлением различных хозяйственных и финансовых операций, то субъектом управления является финансовая служба, состав и численность которой зависит от размера, структуры предприятия, количества операций, направлений деятельности и других факторов:

- в малых предприятиях главный бухгалтер часто совмещает функции начальника финансового и планового отделов;
- в средних – выделяются бухгалтерия, отдел финансового планирования и оперативного управления;
- в крупных компаниях структура финансовой службы существенно расширяется под

общим руководством финансового директора находятся бухгалтерия, отделы финансового планирования и оперативного управления, а также аналитический отдел, отдел ценных бумаг и валют. К элементам системы управления денежными потоками, следует отнести финансовые методы и инструменты, нормативно-правовое, информационное и программное обеспечение. Среди финансовых методов, оказывающих непосредственное воздействие на организацию, динамику и структуру денежных потоков предприятия, можно выделить, систему расчетов с дебиторами и кредиторами, взаимоотношения с учредителями (акционерами), контрагентами, государственными органами, кредитование, финансирование, фондообразование, инвестирование, страхование, налогообложение, факторинг и др. К финансовым инструментам относятся: деньги, кредиты, налоги, формы расчетов, инвестиции, цены, векселя, нормы амортизации, дивиденды, депозиты и другие инструменты фондового рынка, состав которых определяется особенностями организации финансов на предприятии. Нормативно-правовое обеспечение предприятия состоит из системы государственных законо-

дательно-нормативных актов, установленных норм и нормативов, устава хозяйствующего субъекта, внутренних приказов и распоряжений, договорной базы. В современных условиях необходимым условием успеха бизнеса является своевременное получение информации и оперативное реагирование на нее, поэтому важным элементом управления денежными потоками предприятия является внутрифирменная информация.

Использование прикладных бухгалтерских программ обеспечивает финансового менеджера учетной и часто аналитической информацией, поэтому к выбору таких программ нужно подходить осторожно, выбирая такой программный продукт, который наиболее полно удовлетворял бы требованиям надежности, достоверности и прозрачности информации, гибкости в настройках под особенности бизнеса предприятия, а также соответствовал бы действующему законодательству. Таким образом, система управления денежными потоками на предприятии – это совокупность методов, инструментов и специфических приемов целенаправленного, непрерывного воздействия со стороны финансовой службы предприятия на движение денежных средств, для достижения поставленной цели.

Эффективное управление денежными потоками повышает степень финансовой и производственной гибкости компании, так как приводит к:

- улучшению оперативного управления, особенно с точки зрения сбалансированности поступлений и расходования денежных средств;
- увеличению объемов продаж и оптимизации затрат за счет больших возможностей маневрирования ресурсами компании;
- повышению эффективности управления долговыми обязательствами и стоимостью их обслуживания, улучшению условий переговоров с кредиторами и поставщиками;
- созданию надежной базы для оценки эффективности работы каждого из подразделений компании, ее финансового состояния в целом;
- повышению ликвидности компании.

В результате высокий уровень синхронизации поступлений и расходований денежных средств по объему и во времени позволяет снизить реальную потребность предприятия в текущем и страховом остатках денежных активов, обслуживающих основную деятельность, а также резерв инвестиционных ресурсов, для осуществления реального инвестирования. Такое балансирование притоков и оттоков денежных средств на стадии планирования осуществляется путем разработки бюджета движения денежных средств (БДДС), формат которого зависит от особенностей бизнеса конкретного предприятия. Результатом расчетов является определение чистого денежного потока за бюджетный период, отражаемого отдельной строкой как «кассовый рост или уменьшение» в зависимости от своего значения (положительного или отрицательного) и сальдо денежных средств на конец планового периода. Если последнее отрицательно или меньше минимально установленного норматива, то, во-первых, проводится анализ притоков и оттоков денежных средств, с целью выявления дополнительных резервов, а во-вторых, составляется кредитный план по привлечению внешних источников финансирования.

Основные факторы влияющие на денежный поток. Все факторы, влияющие на формирование денежных потоков, можно разделить на внешние и внутренние. К внешним факторам относятся: конъюнктура товарного и финансового рынков, система налогообложения предприятий, сложившаяся практика кредитования поставщиков и покупателей продукции (правила делового оборота), система осуществления расчетных операций хозяйствующих субъектов, доступность внешних источников финансирования (кредитов, займов, целевого финансирования). Среди внутренних факторов следует выделить стадию жизненного цикла, на которой находится предприятие, продолжительность операционного и производственного циклов, сезонность производства и реализации продукции, амортизационную политику предприятия, неотложность инвестиционных программ, личные качества и профессионализм руководящего звена предприятия.

Построение системы управления денежными потоками предприятия базируется на следующих принципах:

- информативной достоверности и прозрачности;
- плановости и контроля;
- платежеспособности и ликвидности;
- рациональности и эффективности.

Основой управления является наличие оперативной и достоверной учетной информации, формируемой на базе бухгалтерского и управленческого учета. Состав такой информа-

ции весьма разнообразен: движение средств на счетах и в кассе предприятия, дебиторская и кредиторская задолженность предприятия, бюджеты налоговых платежей, графики выдачи и погашения кредитов, уплаты процентов, бюджеты предстоящих закупок, требующих предварительной оплаты, и многое другое. Сама же информация поступает из различных источников, ее сбор и систематизация должны быть отлажены с особой тщательностью, поскольку запаздывание и ошибки при предоставлении информации могут привести к серьезным последствиям для всей компании в целом. При этом каждое предприятие самостоятельно определяет формат предоставления, периодичность сбора информации, схему документооборота.

Но главная роль в управлении денежными потоками отводится обеспечению их сбалансированности по видам, объемам, временным интервалам и другим существенным характеристикам. Чтобы успешно решить эту задачу, нужно внедрить на предприятии системы планирования, учета, анализа и контроля. Ведь планирование хозяйственной деятельности предприятия в целом и движения денежных потоков в частности, существенно повышает эффективность управления денежными потоками, что приводит к:

- сокращению текущих потребностей предприятия в них на основе увеличения оборачиваемости денежных активов и дебиторской задолженности, а также выбора рациональной структуры денежных потоков;
- эффективному использованию временно свободных денежных средств (в том числе страховых остатков) путем осуществления финансовых инвестиций предприятия;
- обеспечению профицита денежных средств и необходимой платежеспособности предприятия в текущем периоде путем синхронизации положительного и отрицательного денежного потока в разрезе каждого временного интервала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шеремет, А.Д. Комплексный анализ хозяйственной деятельности / А.Д. Шеремет. -М.: ИНФРА-М, 2006. -416 с.
- 2 Скляренко, В.К. Экономика предприятия: учебник / В.К. Скляренко, В.М. Прудников. -М.: ИНФРА-М, 2006. -528 с.
- 3 Ковалев, А.И. Анализ финансового состояния предприятия / А.И. Ковалев, В.П. Привалов. -М.: Центр экономики и маркетинга, 2004.
- 4 Крейнина, М.Н. Финансовая устойчивость предприятия: оценка и принятие решений / М.Н. Крейнина // Финансовый менеджмент. -2001. -№2. -С. 54.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *финансовые потоки, кризис, предприятие, методы, доход, финансовый анализ, ликвидность, профицит, инвесторы, кредиторы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Буковинин Павел Витальевич, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ФЛОТА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННЫХ ГЛУБИН

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Г. Синицын

METHODOLOGICAL BASES FOR THE RATIONAL JUSTIFICATION OF THE ORGANIZATION OF THE FLEET IN TERMS OF VARIABLE DEPTH

«Novosibirsk state academy of water transport»

M.G. Sinitsyn

The article considers the choice of rational types of ships for the transport of goods by small rivers. Also determined the sequence of the tasks of rational choice types of ships for the transport of goods by small rivers.

Keywords: small river, fleet, freight, heavy, small capacity, optimization

Рассмотрен выбор рациональных типов судов для перевозки грузов по малым рекам. Также определена последовательность решения задач, выбора рациональных типов судов для перевозки грузов по малым рекам.

Потребность во флоте, его состав в значительной мере влияют на эффективность работы судоходного транспортного предприятия.

Каждая акционерная судоходная компания должна иметь столько флота, сколько требуется ей для освоения планируемых перевозок. Излишек флота способствует ухудшению экономических показателей, а недостаток вызывает осложнения в освоении заявленных к

перевозке грузов.

Распределение судов по линиям лучше всего начинать с охвата массовых и притом самых дальнотоннажных перевозок. Затем нужно включать в схему грузы, идущие на меньшие расстояния, постепенно приближаясь к грузам, идущим на короткие расстояния. При такой последовательности достигаются улучшения загрузки судов, следующих в обратных направлениях, и более качественного взаимодействия в работе флота разных типов.

Выбор рациональных типов судов для перевозки грузов по малым рекам должен производиться с учетом обоснования оптимального соотношения крупнотоннажного и малотоннажного флота в увязке с оптимизацией схемы завоза грузов на притоки магистральных рек. Данная задача является комплексной и включает в себя решение различных вопросов:

- изучение структуры и корреспонденции грузопотоков;
- установление состава и судоходных условий водных путей;
- выбор типа и режима работы судов;
- определение массы состава;
- установление оснащенности и организации перегрузочных работ в корреспондирующих пунктах, портах перевалки, паузки грузов;
- обоснование схем перевозок грузов;
- определение оптимального соотношения крупнотоннажного и малотоннажного флота;
- обоснование схемы движения флота.

Наименования основных задач по этапам обоснования приведены в таблице. Последовательность решения задач, выбора рациональных типов судов для перевозки грузов по малым рекам показана на рисунке.

При изучении структуры и корреспонденции грузопотоков нужно выявить объемы и структуру перевозок, партионность грузов, установить дальность перевозок по магистрали и малой реке, наличие попутных грузопотоков (для решения вопроса о возможной догрузке или отгрузке груза).

Таблица – Перечень задач по этапам оптимизации структуры транспортного флота для малых рек

Этапы	Наименование работы по этапу
I Анализ перевозок грузов	1.1 Определение массы перевозок грузов 1.2 Изучение структуры и корреспонденции грузопотоков 1.3 Установление корреспондирующих пунктов, устьевых и «базовых» портов
II Анализ условий судоходства и определение расчетного рабочего периода	2.1 Анализ путевых условий 2.1.1 Определение габаритов судового хода водных путей 2.1.2 Оценка транспортных возможностей реки 2.2 Определение характерных периодов навигации и расчетного рабочего периода
III Предварительный выбор типа флота	3.1 Определение требований к судам 3.2 Определение рациональных сфер использования отдельных видов транспортных средств 3.3 Подбор вариантов типов судов
IV Установление типа причального сооружения и перегрузочной установки	4.1 Установление типа причального сооружения 4.2 Установление оснащенности корреспондирующих пунктов и портов перевалки, применяемой механизации, технологии и организации перегрузочных работ
V Обоснование оптимальных схем перевозок грузов и видов взаимодействия флота	5.1 Определение формы организации работы флота 5.2 Установление массы состава 5.3 Определение соотношения крупнотоннажного и малотоннажного флота 5.4 Расчет удельных интегральных издержек по доставке грузов
VI Выбор оптимального варианта организации перевозок грузов	6.1 Определение режима работы флота 6.2 Выбор оптимальной схемы доставки грузов и вида взаимодействия флота 6.3 Согласование работы расчетных типов судов с работой флота в целом по судоходному предприятию

В практике работы речного транспорта находят применение две схемы перевозок гру-

зов: маршрутная и немаршрутная. Известно, что преимуществом маршрутной схемы перевозок является сокращение срока доставки груза и ускорение оборачиваемости судов ввиду отсутствия грузовых операций в пути. Отпадает необходимость содержать рабочую силу, перегрузочную технику, иметь складские емкости в промежуточном пункте.

Преимущество немаршрутной схемы состоит в возможности более полно учесть условия плавания, характер грузовых потоков на каждом из участков, по которым предстоит следовать судну (составу), использовать на каждом из них оптимальные технические средства (типы грузовых и буксирных судов, составов).

На выбор схемы перевозок грузов, в числе других факторов, оказывает влияние также род груза, партионность, дальность перевозки по магистрали и малой реке. Так, грузы, перевозка которых является менее трудоемкой и не отражается на их сохранности и качестве, не является препятствием для применения немаршрутной схемы перевозок. Напротив, грузы, требующие «срочной» доставки или мелкопартионные (скоропортящиеся грузы) тяготеют к маршрутным перевозкам грузов.

Важным этапом при обосновании схем завоза грузов и определении оптимального соотношения флота является анализ состава и судоходных условий водных путей.

Перевозка грузов на малые реки осуществляется, как правило, из портов, расположенных на магистральных судоходных путях. Расстояние между грузообразующими портами, устьями этих рек и пунктами назначения на них колеблется от нескольких метров до 2-3 тыс. км. Классы судоходных путей на магистральных и малых реках, обычно, различаются значительно. Иногда эти водные пути отличаются также по разряду плавания. Так, чтобы выйти к устью некоторых рек, суда должны проходить через крупные водохранилища, озера и морские участки.

Таким образом, путевые условия предопределяют использование для перевозок определенных типов судов (по габаритным размерам и разряду плавания).

На экономическую эффективность доставки грузов в пункты малых рек оказывают значительное влияние такие факторы как дальность перевозок по магистральным и немагистральным участкам водных путей, зависящие от расположения корреспондирующих пунктов. Наличие в устье реки или незначительном удалении от него действующего порта снижает расходы по перегрузочным операциям при организации перевозок по немаршрутной схеме, так как не требуются расходы по строительству и обустройству такого порта.

В вариантах обоснований схем завоза грузов и видов взаимодействия флота должна учитываться оснащенность включаемых в схему портов (пристаней), применяемых в них механизация и технология перегрузочных работ.

На следующих этапах обосновывается схема перевозок и движения флота, определяется оптимальное соотношение крупнотоннажного и малотоннажного флота и устанавливается масса (вес) состава. Установление массы состава, остается ли она постоянной на всем пути следования или уменьшается при заходе состава на малую реку, – определяется обычным путем как для различных участков магистрали. Аналогично решается вопрос об определении сквозной (без смены тяги в пути следования состава) или участковой (по системе тяговых плеч) схемы движения флота.

При разработке схем перевозок грузов и движения флота для конкретных малых рек необходимо учитывать период по водности рек (полноводный, меженный) и гидрологический тип реки.

Путевые условия малых рек неодинаковы в течение навигации: в весенний период, как правило, на таких реках создаются благоприятные условия для судоходства, когда для перевозок грузов могут использоваться крупнотоннажные суда от пунктов отправления непосредственно до пунктов назначения. Во второй период навигации (меженный) путевые характеристики рек ухудшаются, крупнотоннажные суда не могут по соотношению габаритов пути и флота эксплуатироваться на всем протяжении перевозок. Здесь возможны различные варианты завоза грузов в пункты малых рек, малотоннажным флотом на всем пути следования и крупнотоннажным с полной загрузкой по магистрали с последующей паузой в пунктах перелома глубин или с перевалкой в этих пунктах в малотоннажные суда.

Очевидно, что эксплуатационно-экономические показатели работы флота по возможным вариантам завоза будут различны.

Расчеты показывают, что вариант завоза всего количества перевозок в весенний, более благоприятный период является экономически целесообразным. Однако, такой вариант практически не везде можно осуществить в силу ряда причин. Основные из них следующие:

- сроки предъявления грузов к перевозке в пункты малых рек не всегда ограничиваются только весенним периодом навигации;
- крупнотоннажный флот, работая на перевозках грузов по малым рекам, отвлекается в большом количестве, из-за короткого периода завоза, от работы на магистрали;
- имеющийся на балансе пароконств малотоннажный флот не находит в этом случае должного применения.

Указанные, причины обуславливают комбинированное использование магистрального и малотоннажного флота в течение навигации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *малая река, флот, перевозка, крупнотоннажный, малотоннажный, оптимизация*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Синицын Михаил Геннадьевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БОКОВЫХ И МАЛЫХ РЕК

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Г. Синицын, А.В. Зачесов

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF LATERAL TRANSPORT AND SMALL RIVERS

«Novosibirsk state academy of water transport»

M.G. Sinitsyn, A.V. Zachesov

In this paper, the characteristic of small waterways on the territory of Siberia and the Far East. Defined scale settlement of the working period with the conditions of water availability.

Keywords: small river, pool, river side, the weight, the period of delivery, resource, favorable factor

Дана характеристика малых водных путей находящихся на территории Сибири и Дальнего Востока. Определена градация расчетного рабочего периода с учетом условий водности.

В настоящее время особая роль в решении проблем транспортного обеспечения и дальнейшего экономического и социального развития России отводится речному транспорту Сибири и Дальнего Востока. Это связано с интенсивным вовлечением в хозяйственную деятельность страны Западно-Сибирского, Восточно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов. Здесь развиваются предприятия и объединения добывающей, металлургической, химической, машиностроительной промышленности и сельского хозяйства. Кроме того, важнейшую роль эти районы играют в создании минерально-сырьевой базы и топливно-энергетического комплекса страны.

Существенное значение в составе водных ресурсов Сибири и Дальнего Востока имеют малые реки. В большинстве районов этого региона они являются источниками пресной воды и используются как транспортные пути для перевозки грузов и пассажиров [4].

Протяженность водных путей, относимых к категории малых рек, составляет около 50% от обслуживаемых ГБУВПиС, в том числе с гарантированными габаритами около 27%. Наибольшее количество малых рек находится в районах Сибири и Дальнего Востока. Их протяженность составляет около 70% от общей протяженности. Краткая характеристика малых рек восточных бассейнов приведена в таблице 1.

Анализируя эти данные, следует отметить, что наибольшая протяженность малых рек имеется в Ленском объединенном (29,5%), Обь-Иртышском объединенном (25,6%) и Западно-Сибирском (19,3%) речных пароконствах.

Особое место среди малых водных путей занимают боковые реки с экстремальными условиями судоходства. Наибольший удельный вес данная категория водных путей составляет в Енисейском (64%) и Ленском (69%) бассейнах.

Для многих предприятий, пользующихся услугами речного транспорта, особенно для тех, которые расположены на боковых (малых) реках надежность транспортного обслуживания имеет первостепенное значение. Под надежностью понимается способность речного транспорта безотказно доставлять грузы потребителям в установленном объеме и в заданные сроки при различных условиях эксплуатации перевозочных средств.

Процесс перемещения грузов необходимо рассматривать как результат функциониро-

вания сложной экономической системы, состоящей из ряда взаимосвязанных звеньев.

Нормальное функционирование данной системы требует прежде всего обеспечения эксплуатационных характеристик путей условий в значительной степени определяющих меру использования перевозочных средств.

Таблица 1 – Характеристика малых водных путей находящихся на территории Сибири и Дальнего Востока

ГБУВПиС	Количество малых водных путей			Протяженность водных путей, тыс. км			
	общее	в том числе		общая	боковых и малых рек	в том числе	
		боковых и малых рек	в том числе ЭУС*			с гарантированными габаритами	с судоходной обстановкой
Иртышское	63	45	2	17,8	10,3	3,68	10,2
Обское	42	36	6	10,6	7,8	1,96	6,2
Енисейское	23	23	7	9,6	5,3	2,29	5,2
Восточно-Сибирское	6	6	2	6,4	1,3	0,36	1,2
Ленское	37	36	16	18,8	11,9	2,49	9,1
Амурское	37	13	–	8,6	3,7	1,15	3,5
Итого	208	159	33	71,8	40,3	11,93	35,4

*-с экстремальными условиями судоходства

Анализ сроков начала навигации и продолжительности полноводного периода на малых реках показал, что варьирование этих сроков находится в больших пределах в разные годы. Эти данные свидетельствуют о том, что ориентация на среднесрочные данные при организации завоза грузов неизбежно влечет за собой несоответствие фактических условий с ранее заложенными в расчеты среднесрочными данными.

Из-за отсутствия необходимых и заблаговременных корректировок оперативное управление перевозками в силу дефицита времени, инерции системы не всегда способно справиться с подобной ситуацией.

Изменение гидрологических характеристик носит вероятностный характер, но чаще всего имеет и свои стохастические законы распределения за определенный промежуток времени. С учетом этого можно определить вероятность того, или иного варианта условий навигации и более обоснованно выбрать комплекс транспортных и перегрузочных средств для освоения перевозок в сжатые сроки.

В том случае, когда фактическое время меньше расчетного, образуется дефицит времени, который не позволит обеспечить доставку грузов в полном объеме или выполнить перевозки с той эффективностью и качеством, которые планировались.

Для пароходств, важно во-первых определить, насколько может отклониться расчетное (плановое) время от средне ожидаемых значений, во-вторых, своевременно отреагировать на изменения во времени завоза грузов, чтобы даже в самых неблагоприятных условиях судоходства имелась достаточно высокая гарантия доставки всех запланированных грузов во все пункты.

При оценке транспортных возможностей водных путей большое значение имеет анализ изменения гидрологических и ледовых процессов. Иногда их различия очень значительны по годам.

Для того чтобы определить градации расчетного рабочего периода доставки грузов на боковую (малую) реку рекомендуется использовать следующую методику.

1 Для каждой степени благоприятности условий водности по конкретному участку реки необходимо определить его ресурс $R_e^{рсч}$ [2].

2 Рассчитать коэффициент благоприятности условий водности по следующей формуле

$$K_{\text{бл}} = \frac{R_e^{рсч}}{\bar{R}_e}, \quad (1)$$

где \bar{R}_e – ресурс участка реки для средней (нормальной) степени благоприятности условий водности, сут.

3 Определение градации расчетного рабочего периода для различных степеней благоприятности условий водности осуществляется исходя из следующей зависимости

$$\Delta t_{рсч} = \bar{t}_{рсч} (1 - K_{бл}), \quad (2)$$

где $\bar{t}_{рсч}$ – расчетный рабочий период завоза грузов для средних (нормальных) условий водности, сут.

Результаты расчетов величины изменения $\Delta t_{рсч}$ для реки Васюган Западно-Сибирского речного пароходства приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение градации расчетного рабочего периода с учетом условий водности, р. Васюган (водомерный пост-Средний Васюган)

Участок реки	Степень благоприятности условий водности	Ресурс участка реки	Коэффициент благоприятности условия водности	Градация расчетного периода завоза грузов	
				суток	%
Устье р. Васюган-Катыльга	очень неблагоприятные	менее 520	менее 0,76	менее (-38,4)	менее (-24)
	неблагоприятные	520-679	0,76-0,96	-38,4-(-6,4)	-24-(-5)
	средние (нормальные) условия	680-705	1,0	-6,4-6,4	-4-4
	благоприятные	706-737	1,04-1,05	6,4-8	5-6
	очень благоприятные	более 737	более 1,05	более 8	более 6

Величина градации расчетного рабочего периода для каждой степени благоприятности условий водности приводится в отношении к средним значениям данного показателя.

Данная методика способствует применению вероятностного подхода в планировании и позволяет разрабатывать более реалистичные планы, дающие возможность избежать грубых просчетов в планировании.

Ограниченный период завоза грузов в пункты малых рек и значительные объемы завозимого груза ставят задачу обеспечения максимальной провозной способности флота в этот период. Результат решения задачи зависит от пропускной способности пути [3].

Пропускная способность пути

$$П_{\phi} = \frac{24 \cdot \tau}{\bar{t}_0}, \quad (3)$$

где τ – коэффициент использования времени на пропуск судов и составов за сутки;

\bar{t}_0 – средний период графика движения флота, ч.

Период графика определяет время между двумя последующими отправлениями судов или составов в одном направлении. Оно определяется длиной судна или состава L_c , их интервалом попутного следования ℓ_u и технической скоростью u

$$\bar{t}_0 = \frac{L_c + \ell_u}{u}. \quad (4)$$

Период графика движения флота при одиночном и серийном пропуске, может быть представлен равенствами:

$$t_0^{од} = t_x^{св} + t_0^{св} + t_x^{сн} + t_0^{сн}; \quad (5)$$

$$t_0^{сер} = t_0^{од} + (n - 1)(t_0^{св} + t_0^{сн}), \quad (6)$$

где $t_x^{св}, t_x^{сн}$ – соответственно, величина времени хода судна или состава по однопутному участку для движения вверх и вниз, ч;

$t_0^{св}, t_0^{сн}$ – соответственно, периоды параллельного графика движения по направлениям, ч;

n – число судов в серии.

Анализируя величины $t_0^{сер}$ и $t_0^{од}$, а также $П_{\phi}^{сер}$ и $П_{\phi}^{од}$, легко видеть, что число судов, которое можно пропустить через однопутный участок, будет при серийном графике движения больше, чем при одиночном, то есть $П_{\phi}^{сер} > П_{\phi}^{од}$, а также и то, что пропускная способность однопутного участка увеличивается с ростом числа судов, включенных в серию.

При организации экспедиционного завоза грузов на малую реку, временно используемую для судоходства в ограниченный период, рекомендуется серийный пропуск судов с возможно большим их количеством в каждой серии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методика обоснования схем завоза грузов на малые (боковые) реки / В.П. Зачесов, А.П. Панюкин, А.А. Калинин,

Г.Я. Сеницын. -Новосибирск: Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп., 1989. -74 с.

2 Сеницын, М.Г. Особенности организации завоза грузов на боковые реки с учетом применения элементов логистических технологий / М.Г. Сеницын // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 24-28.

3 Зачесов, В.П. Технология и организация перевозок на речном транспорте: учеб. пособие для вузов / В.П. Зачесов, В.Г. Филоненко. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2004. -400 с.

4 Зачесов, А.В. Судоходство в ограниченных условиях плавания / А.В. Зачесов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2011. -172 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *малая река, бассейн, боковая река, груз, период завоза, ресурс, коэффициент благоприятности*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Сеницын Михаил Геннадьевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Зачесов Александр Венедиктович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ТИПОВЫХ СОСТАВОВ НА ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Е.А. Григорьев

METHODICAL ASPECTS OF A SUBSTANTIATION OF THE OPTIMUM SHIPS FOR TRANSPORTATION OF CARGO

«Novosibirsk state academy of water transport»

E.A. Grigorev

The paper presents methodical aspects of a substantiation of the optimum ships for transportation of cargo.

Keywords: optimization, model trains, cost savings, the cost of transportation

Рассмотрены методические аспекты обоснования типовых составов на грузовых перевозках.

Методические аспекты обоснования типовых составов для осуществления грузовых перевозок на внутренних водных путях обусловлены актуальностью проблемы для судоходных компаний и фирм, осуществляемых деятельность в этом направлении. Проблема эта не нова, имеет свои исторические и экономические предпосылки. Всегда бытовало мнение, что одним из направлений повышения эффективности грузовых перевозок считается использование большегрузных составов и крупнотоннажных грузовых судов. На отечественном речном флоте существуют различные мнения о числе барж в составе (от двух до десяти), причем, немало сторонников большегрузных составов, требующих увеличения числа барж в составе, несмотря на отсутствие, иногда соответствующего комплекса эксплуатационных условий.

Проблеме обоснования оптимальных составов посвящен ряд научно-исследовательских работ ЦНИИЭВТа, ГИИВТа, ЛИВТа, НИИВТа. Значительным вкладом в решение этого вопроса являются работы советских ученых А.А. Союзова, Г.И. Ваганова, В.Ф. Воронина, Н.П. Масленникова, Л.М. Рыжова, В.Г. Павленко, В.П. Миронова, С.П. Арсеньева, В.С. Никифорова, А.П. Ирхина, С.М. Пьяных, Н.А. Юмина и др. Предложенные различными авторами методики, позволяют найти оптимальное решение отдельных частных задач, связанных с процессом доставки грузов. Проблема оптимизации величины толкаемых составов требует учета всех физических, технических, организационных и экономических факторов, влияющих на эффективность работы флота.

Физический фактор связан с ограничением габаритов составов, а следовательно и числа несамоходных судов, габаритами судового хода (ширина, радиус закругления и глубина). Состав может не вписаться в них при прохождении затруднительных участков (перекаты, пороги, шлюзы, судоподъемники и т.д.).

Проверка соответствия габаритам судового хода на этих участках осуществляется с помощью «Инструкции по нормированию габаритов судов и толкаемых составов», разработанной группой ученых Горьковского и Новосибирского институт в инженеров водного транспорта в 1980 году.

Если рассматриваемый состав не проходит через затруднительный участок, то проводка его может быть осуществлена после расформирования по одному - двум несамоходным судам. При этом необходимо учесть затраты времени на выполнение таких работ.

Кроме того, может быть привлечено вспомогательное судно.

Технический фактор состоит в необходимости обеспечить управляемость состава в грузённом и особенно порожнем состоянии. Это обусловлено тем, что порожний состав имеет большую парусность из-за малой осадки. Под воздействием ветра на плёсовых участках рек и водохранилищах состав уклоняется от намеченного курса, то есть его сносит в направлении действия воздушных потоков. Возникает угроза безопасности движения судов и составов.

Управляемость составов, как эксплуатационное качество, зависит не только от действия движительно-рулевого устройства буксира-толкача, но в большей степени от нагрузки тяги, которая в свою очередь определяется количеством несамоходных судов в составе, их типом и загрузке. На основании многочисленных научных исследований и многолетней практики вождения составов принято считать, что управляемость составов удовлетворительная при следующих значениях нагрузки на единицу мощности тяги от 3,3 до 10 т/л.с. Предельные значения этого показателя зависят от извилистости судового хода, наличия свальных течений, силы и направления господствующих ветров. Последнее обстоятельство имеет решающее значение для определения габаритных размеров порожнего состава.

Действие организационного фактора связано с величиной среднесуточного отправления груза, числом причалов в пунктах погрузки и выгрузки, наличием или отсутствием рейдово-маневровой тяги и рейдов в пунктах обработки составов.

Для сокращения времени на техническое обслуживание в портах целесообразно оборудовать баржи, секции, полусекции и толкачи сцепными носовыми и бортовыми устройствами, а также иметь рейдовую и маневровую тягу для формирования и расформирования большегрузных составов, постановки отдельных несамоходных судов к причалу обработку возврата их на рейд.

При обосновании типов составов возникает необходимость в решении задач определения формы закрепления тяги за тоннажем и согласования их работы.

К экономическим факторам относятся: стоимость судов, эксплуатационные расходы на их содержание, удельный расход топлива и смазочных материалов, численность экипажа и производительность труда плавсостава, а также экономические затраты по рейдовому, грузовому и техническому обслуживанию, улучшению судоходных условий, проводки составов через затруднительные участки водного пути и неявные издержки потребителей транспортных услуг, обусловленные стоимостью грузов за период их транспортировки и хранения на складах портов. Таким образом, возникает необходимость в эксплуатационно-экономическом обосновании числа несамоходных судов в составе и его типа. Такое мнение изложено в научных работах Н.П. Масленникова. Он отмечает, что внедрение большегрузных составов при отсутствии необходимых технико-экономических обоснований может привести к неудовлетворительным экономическим результатам. В том же духе высказывались В.С. Никифоров и А.И. Овсянников: «Применение составов большой грузоподъемности с толкачами мощностью 1,47 МВт, как показывают расчеты, большого эффекта не дает» [1].

Наиболее обширные исследования по проблеме эффективного использования большегрузных составов и крупнотоннажных грузовых судов на внутренних водных путях проведены перечисленными выше авторами в 70-80 годы прошлого столетия. С тех пор ситуация существенно изменилась как в целом по стране, так и в сфере транспорта. В частности, на внутреннем водном транспорте за рассматриваемый период времени объем грузовых перевозок сократился более чем в пять раз; ухудшилось техническое состояние основных производственных средств – средний возраст транспортных судов составляет более 30 лет, образовался значительный резерв производственной мощности транспортных предприятий, который в настоящее время не используется. Износ перегрузочной техники превышает 50%; снизился грузооборот портов; осложнились условия судоходства – протяженность водных путей с гарантированными габаритами судового хода сократились на 37% [2].

Отсутствие мощных устойчивых грузовых потоков, одно из важнейших условий эффективности использования большегрузных составов, обусловлено изменением клиентуры речного транспорта. Для многих из них не нужно большого количества грузов. Основной формой организации движения флота является рейсовая. Таким образом, сфера использования большегрузных составов значительно сократилась. Возникла необходимость в экономической оценке эксплуатационных качеств различных типов судов и внедрение в практику организации грузовых перевозок экономически целесообразных (оптимальных) типов составов.

При этом особое внимание следует обратить на выбор критериев оценки эффективности и экономически целесообразного типа состава. На него оказывают значительное влия-

ние мотивация и цели, перед судоходными компаниями в современных условиях осуществления производственно-хозяйственной деятельности. На первый план выступает стремление и максимизация прибыли и рентабельности грузовых перевозок. Достижение этих целей возможно за счёт увеличения тарифов и доходов либо снижения эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок. Первое направление не популярно, так как можно потерять клиентов. Следовательно, основным способом решения проблемы является снижение эксплуатационных расходов. В качестве критерия оценки и выбора оптимального типа состава может быть рекомендованы показатели рентабельности, себестоимости и суммы эксплуатационных расходов по флоту, портам и водным путям. Кроме того, нельзя не учитывать потери клиентов (грузовладельцев) за время нахождения груза на речном транспорте.

При определении эксплуатационных затрат по причалам портов за время обработки флота и на проведение путевых работ для улучшения условий судоходства необходимо учитывать реалии экономической ситуации в стране. Речные порты являются самостоятельным хозяйственным субъектом. В соответствии с действующим законодательством услуги порта в основном оплачиваются судовладельцами по договорным ценам и тарифам (Прейскурант 14-01). Содержание водных путей и проведение путевых работ по улучшению условий судоходства осуществляют главные бассейновые управления водных путей и судоходства (ГБУВПиС). Они являются государственными предприятиями и находятся на федеральном бюджете. Кроме того существует система экономических взаимоотношений между ГБУВПиС и судоходными компаниями, при которой судовладельцы осуществляют платежи за использование водных ресурсов, устанавливаемые при заключении договоров и соответственно зависящие от договорных условий. Взаимоотношение судоходных компаний и других собственников флота с ГБУВПиС пока до конца не отрегулированы. В связи с этим учесть такие расходы при оптимизации типов составов сложно.

На балансе судоходной компании, как правило, находятся различные типы тяги и тоннажа. По результатам обоснования сферы их применения, а также определения оптимального типа состава формируется перечень типовых составов, эксплуатируемых судоходной компанией, в зависимости от участка водного пути, направлений перевозок, характера грузовых потоков, условий обработки и обслуживания флота в портах, экономических и других факторов.

Оптимальный тип состава можно определить через себестоимость перевозок с учетом погрузо-разгрузочных работ и хранения груза в порту

$$S = S_{\phi} + \Pi_{\text{прп}} + \Pi_{\text{хр}}, \text{ руб./т,}$$

где S_{ϕ} – себестоимость перевозок, руб./т;

$\Pi_{\text{прп}}$ – плата (тариф) за услуги порта по погрузо-разгрузочным работам, руб./т;

$\Pi_{\text{хр}}$ – плата (тариф) за услуги порта по хранению груза, руб./т.

При этом

$$S_{\phi} = \frac{C_x t_x + C_{cm} t_{cm} + m' C' t'_{кр}}{m' Q_3}, \text{ руб./т,}$$

где C_x – судо-часовой показатель эксплуатационных расходов по буксиру на ходу, руб./суд.·ч;

t_x – ходовое время, ч;

C_{cm} – судо-часовой показатель эксплуатационных расходов буксира на стоянке, руб./суд.·ч;

t_{cm} – продолжительность стоянки буксира, ч;

m' – число несамоходных судов в составе, ед.;

$t'_{кр}$ – продолжительность кругового рейса тоннажа, ч;

Q_3 – норма загрузки тоннажа, т.

$$\Pi_{\text{прп}} = f(\text{место порта; род груза; вариант работ});$$

$$\Pi_{\text{хр}} = f(\text{время хранения; род груза; место хранения}).$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Воронин, В.Ф. Методы оптимизации величины толкаемых составов / В.Ф. Воронин // Тр. ГИИВТ. -Горький, 1983. - Вып. 195. -С. 93-144.
- 2 Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт [Электронный ресурс]. -Режим доступа:

<http://rosstat.pf/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/enterprise/transport>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *оптимизация, типовые составы, экономия затрат, себестоимость перевозок*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Григорьев Евгений Алексеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Красноярский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
«Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Зиненко

FRactal Financial Market Simulation

Krasnoyarsk institute of water transport, branch «Novosibirsk state academy of water transport»

A.V. Zinenko

The paper is dedicated to basement fractal geometry concepts and its usage in economy science and practice, especially in financial market quotes researches.

Keywords: fractals, self-similarity, hurst Index, affine transformations

Рассмотрены базовые понятия и постулаты фрактальной геометрии. Особое внимание уделяется применению фракталов в экономике, в частности при исследовании котировок на финансовых рынках.

Фрактальная геометрия и нелинейная динамика. Понятие «фрактал» было введено американским математиком Бенуа Мандельбротом в 1975 г. Согласно Мандельброту фрактал – это структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. В своих работах «Фрактальная геометрия природы» и других книгах и статьях Мандельброт раскрывает это понятие, описывает его математические свойства. Помимо самоподобия и введенной Мандельбротом «самоаффинности» [4], важной характеристикой фрактального объекта является его дробная размерность. Следует заметить, что дробная размерность не является открытием Мандельброта, она возможна при использовании метрики Хаусдорфа и метрики Минковского. Фрактальные объекты также были описаны задолго до Мандельброта, но тогда они не имели такого названия. Это, например, снежинка Коха, ковер Серпинского, пыль Кантора, дракон Хартера-Хэтуэя.

Все это так называемые «унифракталы». Алгоритм их построения состоит в том, что задается инициатор (треугольник, отрезок и т.п.) и правила его разбиения на более мелкие, подобные целому, части. Данная процедура повторяется бесконечное количество раз (на практике это количество очень высоко, но конечно).

В настоящее время теория фракталов является полностью формализованной и обоснованной, широко применяется в медицине, технике, компьютерной графике, экономике. Настоящая работа посвящена последней области применения фракталов, в частности фрактальному характеру движения биржевых курсов. Следует сказать, что данному вопросу уделялось достаточно много внимания еще с конца прошлого века.

С понятием «фрактал» тесно связано понятие «хаотическая динамика». Законы динамики хаотической системы во многом похожи на законы построения фракталов, особенно если речь идет о наиболее сложной их разновидности – мультифракталах. Теория хаоса зародилась в 70-х годах, хотя хаотическая динамика впервые была обнаружена, исследована и описана в 1962 г. Но поскольку ученый, сделавший это открытие, Эдвард Лоренц, публиковал свои работы в метеорологических журналах, его открытие надолго оставалось незамеченным. Интерес к хаосу в 70-х развили уже упомянутый Бенуа Мандельброт, Стивен Смейл, Джеймс Йорк, Роберт Мэй, Давид Рюэль и другие ученые того времени.

Бенуа Мандельброт собрал свои работы, посвященные исследованию экономических процессов, в книгу, вышедшую в конце 90-х, «Фракталы, случай и финансы». Более подробно фрактальная модель была описана Мандельбротом в книге 2004 г «Непослушные рынки. Фрактальная революция в финансах».

Аффинные преобразования. Для моделирования фрактальных объектов следует задать инициатор, которым может быть равносторонний треугольник, отрезок единичной длины и др. и генератор – следующая фигура, разделенная так, как будет в дальнейшем разбит каж-

дый из ее самоподобных элементов. Механически фракталы строятся достаточно легко, но для построения фрактального объекта программными методами необходимо задать каждый этап построения фрактала в виде формулы. При этом формула задается только для генератора, далее каждая из его частей разбивается с использованием такого же алгоритма.

Аффинные преобразования являются, по сути, поворотом или растяжением прямоугольной системы координат. В общем виде аффинное преобразование на плоскости задается шестью коэффициентами.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} E \\ F \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Коэффициенты A, B, C, D показывают сжатие либо растяжение, поворот, изменение угла, зеркальное отражение без сдвига, а коэффициенты E и F – сдвиг по координатным осям. Если обозначить аффинное преобразование без сдвига T , а каждый его этап (сжатие, поворот и др.) T_i , то $T = \prod T_i$.

Сдвиг по оси X на E единиц задается коэффициентом E , соответственно сдвиг по оси Y на F единиц – коэффициентом F . Сжатие относительно осей X и Y на m и n задается матрицей

$$\begin{pmatrix} m & 0 \\ 0 & n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Поворот на угол α вокруг начала системы координат против часовой стрелки (это считается положительным направлением) задается матрицей

$$\begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Наконец, зеркальное отражение в вертикальной плоскости представляет собой матрицу

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

а в горизонтальной

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Фрактальная модель финансового рынка Мандельброта. Существующие подходы к анализу рынка и инвестированию в ценные бумаги основаны на вероятностном и статистическом моделировании. Мандельброт обоснованно критикует такой подход. Резкие обвалы рынка, вероятность которых ничтожно мала, случаются достаточно часто, утверждает Мандельброт, и это утверждение справедливо. Достаточно посмотреть динамику финансовых рынков мира за последние несколько десятилетий. Резкие скачки и обвалы цены происходят регулярно и довольно часто, а вероятность их наступления например одна на десять тысяч. В работе «Фракталы, случай и финансы» Мандельбротом показана несостоятельность Гауссовского (нормального) распределения при анализе не только финансовых рынков, но и других реальных процессов, а также приведены доводы против повсеместного применения нормального распределения других известных математиков (Коши, Бьенеме, Джеффрис).

В качестве альтернативы Мандельбротом предложен фрактальный подход к изучению движения биржевых курсов. Он выделяет два явления, которые не вписываются в статистическую картину – «эффект Ноя» и «эффект Иосифа». Первое явление – это непрогнозируемое и существенное движение курса вверх или вниз («всемирный потоп»), а второе – существенная разница между средними значениями за два последовательных промежутка времени («семь тучных и семь тощих коров»).

На данный момент фрактальная модель финансового рынка Мандельброта является недоработанной, и с ее результатами можно ознакомиться только в некоторых статьях, а также на сайте Мандельброта. В работах «НеПослушные рынки» и «Фракталы, случай и финансы» описывается только более простая «унифрактальная» модель. Напомним, что мультифрактал отличается от унифрактала тем, что при каждой новой итерации вероятности попадания в тот или иной участок фрактала меняются. Также, согласно Мандельброту, при итерациях по оси абсцисс время может течь по-разному – медленно при застоях рынка и быстро при активности. Такое разное течение времени в рамках одной модели можно показать только через мультифрактальный математический аппарат.

Рассмотрим подробно более простую унифрактальную модель. Итак, основные посту-

латы Мандельброта о рыночной фрактальности таковы.

1 Рыночный тренд является фракталом, обладающим свойством самоподобия или скейлинга для разных таймфреймов.

2 Генератор, задающий фрактал, должен состоять как минимум из трех отрезков, иначе невозможно показать коррекцию тренда.

3 Соотношение между шириной инициатора (по оси X) и его высотой (по оси Y) задается показателем Херста для движения данного рынка. Для случайного процесса показатель Херста равен 0,5, а для процесса, обладающего долговременной памятью – превышает 0,5. Мы посчитали данный показатель для некоторых современных индексов, и установили, что движение рыночных котировок обладает трендовостью или персистентностью [2]. Если показатель Херста равен 1, то динамика представлена гладкой прямой.

На рисунке 1 показаны инициатор (прямая) и генератор (ломаная из трех отрезков) простой фрактальной модели финансового рынка Мандельброта.

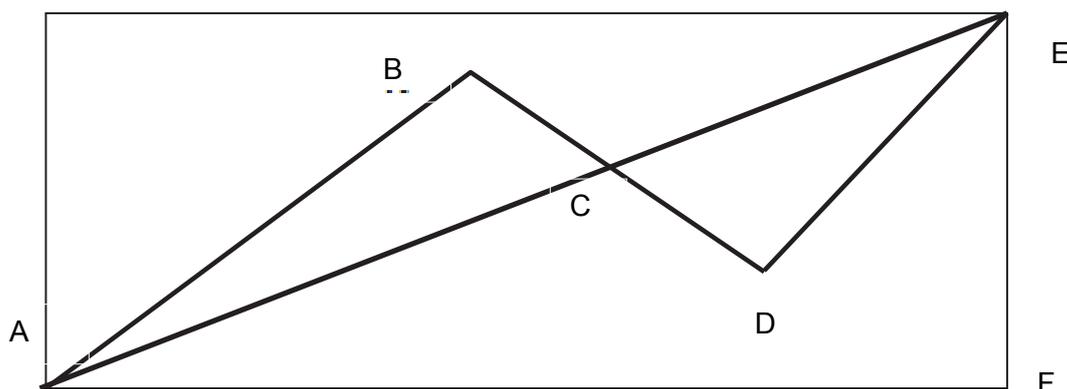


Рисунок 1 – Инициатор и генератор рыночного фрактала по Мандельброту

Построение данного генератора подчиняется определенным правилам, которые Мандельброт как математик посчитал самым собой разумеющимся и не описывал подробно в своих работах. Мы в данной статье уточним геометрические правила построения рыночного унифрактала, а также его связь со степенными законами. На следующем рисунке покажем вторую итерацию. Многочисленное повторение даст рисунок похожий на график рыночной цены. Напомним, что каждая следующая итерация повторяет предыдущую, соответственно для построения нашей упрощенной модели достаточно задать коэффициенты аффинного преобразования и осуществить многократное повторение для каждого отрезка.

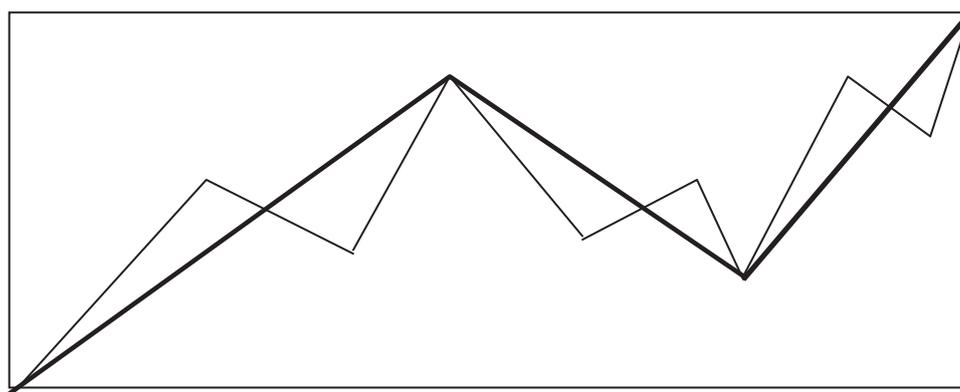


Рисунок 2 – Первая и вторая итерация рыночного фрактала

Для того чтобы геометрически определить генератор Мандельброта, сформулируем некоторые исходные предпосылки (см. рисунок 1).

1 Соотношение ширины и высоты прямоугольника, диагональю которого является инициатор, определяется показателем Херста. Возьмем показатель Херста, посчитанный нами для индекса DJIA за период с 5 декабря 2008 г. по 5 декабря 2011 г. [3]. Он равен 0,6. Тогда, если ширину взять за единицу, то высота будет равна 0,6. Отсюда определяется длина инициатора (отрезок AE) и угол EAF. Они равны соответственно 1,17 и 31° .

2 Угол ABC очевидно должен быть либо прямым, либо тупым, причем его значение не должно быть близким к 180° , иначе модель не будет похожа на движение рынка. Зададим угол $ABC = \beta$.

3 Задаются угол поворота первого отрезка (BAC), длины первого (AB) и второго (BD) отрезков. Все остальные углы и отрезки находятся из теорем синусов и косинусов. Итак, пусть угол BAC равен α , отрезок AB как y от AE ($1,17y$), а коррекция BD как x от AB ($1,17x$).

Из треугольника ABC получаем угол $BCA = 180 - \alpha - \beta$ и стороны $BC = \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}$, $AC = \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)}$. Угол ECD равен также $180 - \alpha - \beta$, стороны

$$CD = 1,17y x - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}; \quad CE = 1,17y x - \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)};$$

$$DE = \sqrt{\left[1,17 - \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]^2 + \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]^2 - 2 \left[1,17 - \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right] \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right] \cos(180 - \alpha - \beta)}$$

Таким образом, мы получили значения всех отрезков и углов генератора. Остается задать матрицу и вектор для аффинных преобразований и совершить достаточно большое количество повторов. Генератор состоит из отрезков AB, BD и DE, для каждого из них следует задать алгоритм аффинных преобразований. С помощью теорем синусов и косинусов, а также простейших геометрических правил, зададим (см. рисунок 1) координаты точек:

$$A(0;0); \quad B(1,17y \cos(31+\alpha); 1,17y \sin(31+\alpha));$$

$$D \begin{pmatrix} 1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2 - 2yx \cos \beta} \cos \left\{ 31 - \arcsin \frac{\sin \beta \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)} \right]}{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2 - 2yx \cos \beta}} \right\}; \\ 1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2 - 2yx \cos \beta} \sin \left\{ 31 - \arcsin \frac{\sin \beta \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)} \right]}{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2 - 2yx \cos \beta}} \right\}; \end{pmatrix};$$

$$E(1;0,6); \quad F(1;0).$$

Определив координаты точек генератора, мы с легкостью можем осуществить аффинные преобразования, которые превращают отрезок AE – инициатор в ломаную ABCDE -- генератор.

– Для отрезка AB: поворот на угол α и сжатие в y раз.

– Для отрезка BD: сжатие в x раз, поворот на угол $(180+\beta)$, сдвиг на $1,17y \cos(31+\alpha)$ по оси X и на $1,17y \sin(31+\alpha)$ по оси Y.

– Для отрезка DE: сжатие в

$$\sqrt{\left[1,17 - \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]^2 + \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]^2 - 2 \left[1,17 - \frac{1,17y \sin \beta}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right] \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right] \cos(180 - \alpha - \beta)} \quad \text{раз,}$$

поворот на угол $\alpha + \beta - \arcsin \frac{\sin \beta \left[1,17yx - \frac{1,17y \sin \alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)} \right]}{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2 - 2yx \cos \beta}},$

$$\begin{aligned} \text{сдвиг по оси } X & \frac{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2} - 2yx\cos\beta}{\cos\left[31 - \arcsin\frac{\sin\beta\left[1,17yx - \frac{1,17y\sin\alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]}{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2} - 2yx\cos\beta}\right]}, \\ \text{сдвиг по оси } Y & \frac{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2} - 2yx\cos\beta}{\sin\left[31 - \arcsin\frac{\sin\beta\left[1,17yx - \frac{1,17y\sin\alpha}{\sin(180 - \alpha - \beta)}\right]}{1,17\sqrt{y^2 + x^2y^2} - 2yx\cos\beta}\right]}. \end{aligned}$$

Для дальнейших итераций точка отсчета системы координат берется для каждого из отрезков АВ, ВD и DE с учетом приведенных выше аффинных преобразований. Произведенных нами действий достаточно для создания компьютерной программы, моделирующей рыночный фрактал Мандельброта. В дальнейшем планируется применить фрактальную модель к котировкам российских акций, произвести на основании модели прогноз движения котировок и проверить его точность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Божокин, С.В. Фракталы и мультифракталы: учеб. пособие / С.В. Божокин, Д.А. Паршин. -Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. -128 с.
- 2 Зиненко, А.В. R/S анализ на фондовом рынке / А.В. Зиненко // Бизнес-информатика. -2012. -№3 (21). -С. 21-27.
- 3 Mandelbrot, B.A Multifractal Walk Down Wall Street = [Мультифрактальная прогулка вдоль Уолл-стрит] / B. Mandelbrot // Sci. Amer. -1999. -No.2. -P. 70-73.
- 4 Мандельброт, Б. Фракталы, случай и финансы / Б. Мандельброт. -М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2004. -256 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фракталы, самоподобие, показатель Херста. Аффинные преобразования
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Зиненко Анна Викторовна, канд. техн. наук, доцент КИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 660025, г. Красноярск, пер. Якорный, 3, КИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.М. Островский, А.М. Лисютин

PROSPECTS AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORTATION PETROLEUM AND OIL PRODUCTS

«Siberian state transport university»

A.M. Ostrovskiy, A.M. Lisutin

The volumes of petroleum and oil products rail transportation, rolling stock conditions and the problems of railways have been analyses. The possible ways of the solution of the problems have been considered. Their advantages and disadvantages are mentioned. The complex of actions for increase in volumes of transportations of considered cargoes on railways is offered on the basis of the conducted research.

Keywords: transportation, railway, petroleum, oil products, tank car, safety

Проанализированы объемы железнодорожных перевозок нефти и нефтепродуктов, состояние вагонного парка и проблемы, стоящие перед отраслью. Рассмотрены возможные варианты решения обозначенных проблем, их преимущества, недостатки. На основании проведенных исследований предложен комплекс мероприятий по увеличению объемов перевозок рассматриваемых грузов по железным дорогам.

Анализ объемов и номенклатуры грузоперевозок в Российской Федерации показывает, что на сегодняшний день значительную долю самых востребованных на рынке перевозок грузов занимают нефть и нефтепродукты (рисунок 1). В их транспортировке задействованы многие виды транспорта: железнодорожный, трубопроводный, водный и даже автомобильный. Это обусловлено не только высокой доходностью перевозок обозначенных грузов, но и их ведущим местом в мировом топливно-энергетическом балансе.

В связи с интенсивным развитием в мире химической и нефтехимической промышленности потребность в нефти увеличивается не только с целью повышения выработки топлив и масел, но и как источника ценного сырья для производства синтетических каучуков и волокон, пластмасс, легких дистиллятов, моторных топлив, смазочных масел и др. Нефть уникальна именно комбинацией качеств: высокая плотность энергии, ее легко транспортировать

(по сравнению с газом или углем), из нефти легко получить массу вышеупомянутых продуктов. Структура потребления нефти в России и факторы, влияющие на спрос, отображены на рисунок 2.

В последние годы в Европе наблюдается тенденция роста спроса на нефть и нефтепродукты, основным поставщиком которых на европейские рынки остается РФ. Данное обстоятельство способствует наращиванию экспорта российских нефтепродуктов. В России выделяют три основных направления экспорта нефтепродуктов. Основным является Западное (Балтийское), на которое приходится около 70% всего экспорта; на два других – Южное и Дальневосточное приходится соответственно 17% и 13% (рисунок 3). Значительная доля экспортируемых в западном направлении нефтепродуктов приходится на Балтийские терминалы.

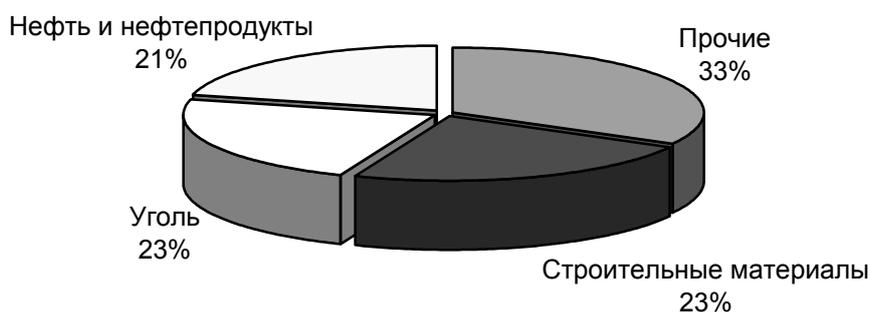


Рисунок 1 – Доли основных грузов в общем объеме перевозок

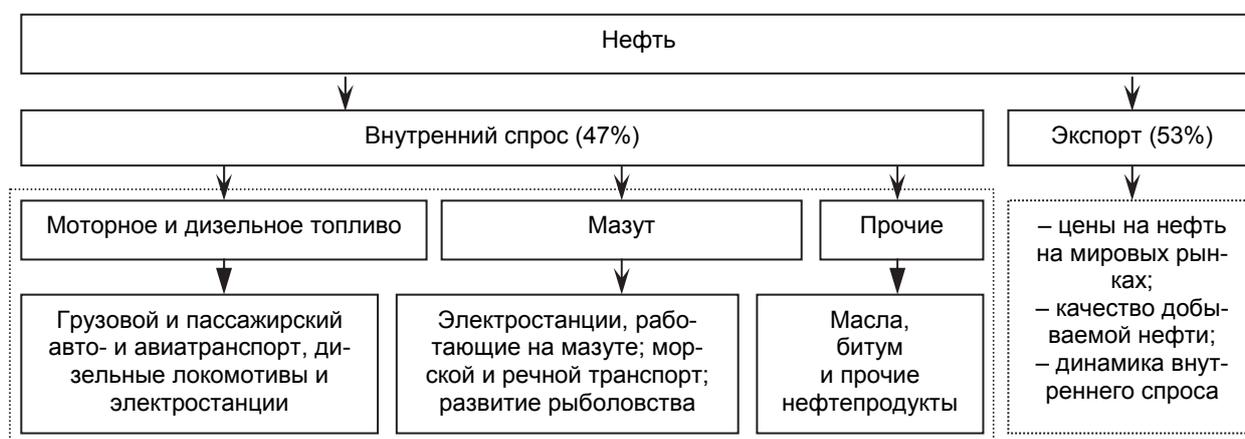


Рисунок 2 – Структура потребления нефти и нефтепродуктов в РФ и факторы, влияющие на спрос

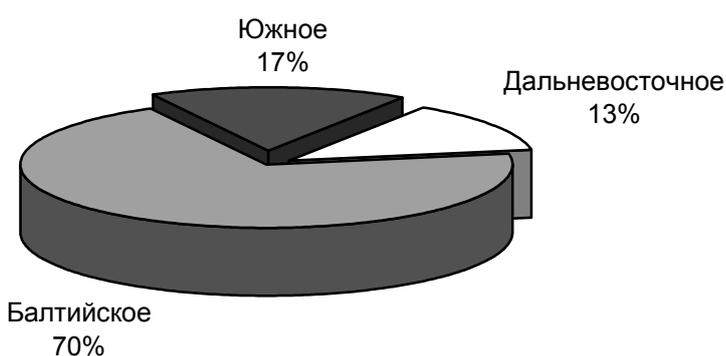


Рисунок 3 – Экспорт нефтепродуктов по направлениям

Однако в нашей стране существует целый ряд проблем, напрямую влияющих на увеличение объемов экспорта.

Российские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) по уровню оснащения и технологии работы значительно отстают от уровня развитых стран мира. Это напрямую отражается на глубине нефтепереработки, которая с 2000 г. практически не изменилась и осталась (на большинстве НПЗ) на уровне 65-70%. По различным оценкам из-за некомплекс-

ной переработки добываемых нефти и газа ежегодно в стране остаются невостребованными от 20 до 25 млн. т попутного и вторичного углеводородного сырья [1]. В свою очередь ухудшение ресурсной базы делает обязательным комплексный подход к разработке и обустройству российских месторождений.

Стоит отметить, что не все нефтяные месторождения подключены к нефте- и продуктопроводам, а добыча нефти смещается во все более труднодоступные районы, где нефтепродуктопроводов не только нет, но и построить их иногда нельзя, поэтому в таких случаях ключевая роль в транспортировке нефтепродуктов принадлежит железнодорожному транс-

порту.

Железная дорога в наибольшей степени подходит для перевозки нефтепродуктов и сырой нефти высокого качества, а трубопровод – только для транспортировки сырой нефти. Это подтверждает тот факт, что в настоящее время доля железнодорожного транспорта в перевозках нефтепродуктов около 70%, а сырой нефти – менее 10%.

Основным преимуществом вагонов-цистерн, используемых при таких перевозках, традиционно считается возможность сохранения однородности качества перевозимого продукта, что особенно важно для производителей высокооктанового бензина, дизельного топлива с низким содержанием серы, а также высококачественной нефти. Кроме того, железная дорога может обеспечить большую гибкость перевозок с точки зрения объемов и географии поставок. Также грузоотправители часто используют вагоны-цистерны в качестве промежуточных складов. При этом технологические потери при железнодорожных перевозках почти в 5 раз ниже, чем при транспортировке по трубопроводу. Последний позволяет отправлять большие объемы продукции по более низкой цене – это оптимально для сырой нефти, стоимость которой ниже, чем у нефтепродуктов, так что более дешевые перевозки в этом случае покрывают более высокие технологические потери.

Так доля бензина, транспортируемого железнодорожным транспортом, составляет около 25% от общего объема перевозок данного груза, а для дизельного топлива эта доля – около 50%.

Анализ Западного направления экспорта нефтепродуктов показал, что основным видом транспорта, используемого при вывозе за рубеж данных грузов, также является железнодорожный (рисунок 4).

И, несмотря на то, что согласно прогнозам развития трубопроводного транспорта в России, его доля в структуре перевозок нефтепродуктов к 2015 году должна составить 14%, с учетом планов по развитию транспортировки ключевых нефтепродуктов объем их перевозок железнодорожным транспортом будет расти на 2,1% в год [1].

По оценкам экспертов строительство нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий океан» приведет к трехкратному снижению экспорта нефти железнодорожным транспортом, равно как и увеличение глубины переработки нефтепродуктов, однако рост объемов железнодорожных перевозок светлых нефтепродуктов на этом фоне очевиден.

Таким образом возможно существенное высвобождение парка вагонов-цистерн для сырой нефти и дефицит таковых для перевозки светлых нефтепродуктов более высокого качества. Как следствие – часть парка цистерн для перевозки темных нефтепродуктов может быть перепрофилирована для перевозки светлых нефтепродуктов, однако некоторые виды последних (например, ракетное топливо) перевозить в таких цистернах будет все же технологически невозможно.

К тому же в последние годы рост перевозок нефти и нефтепродуктов существенно опережает темпы роста парка, поэтому на рынке ощущается дефицит подвижного состава.

В России в настоящее время количество вагонов-цистерн составляет около 250 тысяч, в том числе около 190 тысяч – для перевозки нефти и нефтепродуктов, из них около 30 тысяч нефтяных цистерн с истекшим сроком службы. В ближайшие 10 лет ежегодно до 5 тысяч вагонов будут подлежать списанию. Таким образом уже до 2020 года будет списано около 40-50 тысяч вагонов-цистерн, а это около 25% всего парка [2]. В свою очередь снижение эффективности управления парком, ухудшение состояния магистральной инфраструктуры и рост совокупных транспортных затрат грузовладельцев, особенно с выходом на рынок дочерних компаний ОАО «РЖД», приведет к еще более тяжелым последствиям на рынке железнодорожных перевозок нефтяных грузов.

Практика грузоперевозок по железным дорогам России свидетельствует о том, что сложившиеся условия транспортировки наливных грузов, в частности нефти и нефтепродуктов, имеют существенные недостатки, которые приводят к недоиспользованию грузоподъемности и вместимости вагонов-цистерн, возникновению потерь груза в процессе перевозки, а в

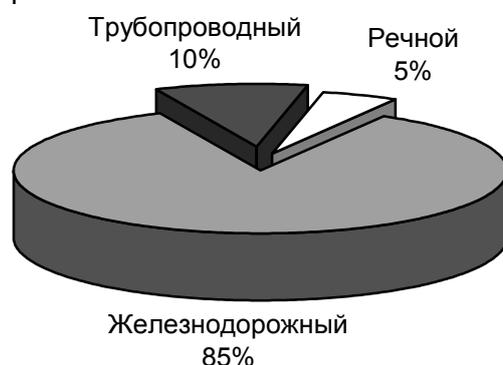


Рисунок 4 – Экспорт нефтепродуктов через страны Балтии и Северо-Западный регион Российской Федерации по видам транспорта

отдельных случаях способствуют возникновению аварийных ситуаций, так как в соответствии с Уставом железнодорожного транспорта РФ по своим физико-химическим свойствам нефть и нефтепродукты отнесены к опасным грузам.

Практика свидетельствует о том, что с увеличением объемов перевозок опасных грузов в вагонах-цистернах растет и число аварийных ситуаций при таких перевозках. За 2001-2011 гг. количество инцидентов с опасными грузами варьировалось в пределах 600-800 случаев в год.

Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги» показывает, что количество инцидентов с вагонами-цистернами по таким параметрам как «течь из-за дефекта котла», «течь сливного прибора», «течь через аппаратуру котла», «течь через неплотно закрытый люк» составляет 70-85% от всех инцидентов, произошедших при перевозке опасных грузов за 2001-2011 гг.

Предлагаемые отдельными специалистами мероприятия, такие как проведение мониторинга технического состояния вагонов-цистерн, накопление ретроспективной информации о выполненных испытаниях, расчетах статической и динамической нагруженности, а также создание и ведение паспорта цистерны (в дополнение к техническому паспорту) не позволят существенно повлиять на стабилизацию положения.

Физический износ подвижного состава, технических средств и устройств, неквалифицированные действия причастных работников и другие причины будут и в дальнейшем приводить к возникновению аварийных ситуаций при перевозке нефти и нефтепродуктов, снижая популярность и конкурентоспособность железнодорожного транспорта, в связи с чем проблема снижения рисков и повышения безопасности при перевозках таких грузов железнодорожным транспортом чрезвычайно актуальна, но по целому ряду ее аспектов далека от приемлемого решения.

Для устранения недостатков и решения обозначенной проблемы необходимо оперативное принятие ряда мер: технических, технологических, нормативно-правовых, кадровых (рисунок 5), и в первую очередь требуются интенсивные целенаправленные усилия на уровне совершенствования нормативно-технической документации.



Рисунок 5 – Мероприятия по увеличению объемов перевозок нефти и нефтепродуктов железнодорожным транспортом

Только безотлагательное принятие мер по выходу из сложившейся ситуации будет способствовать привлечению на железнодорожный транспорт дополнительных объемов перевозок нефти, нефтепродуктов (химии, нефтехимии), повышению сохранности подвижного состава и перевозимых грузов, сокращению аварийных ситуаций при таких перевозках, и, самое главное, – развитию и бесперебойной работе российских железных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Перепелица, О. Светлое будущее нефтепродуктов / О. Перепелица // РЖД-партнёр. -2010. -№16 (188). -С. 42-46.
 2 Лисютин, А.М. О транспортировке опасных наливных грузов в условиях реформирования железнодорожного транспорта / А.М. Лисютин // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2008» / Рост. гос. ун-т путей сообщения

ния. -Ростов н/Д, 2008. -Ч.2. -С. 248-249.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перевозки, железная дорога, нефть, нефтепродукты, вагон-цистерна, безопасность
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Островский Анатолий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Лисютин Антон Михайлович, канд. техн. наук, научный сотрудник ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «СМЕЩАЮЩИЙСЯ ГРУЗ-СПЕЦУСТРОЙСТВО»

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

Т.Е. Маликова

USING THE THEORY OF GRAPHS IN DEVELOPING MATHEMATICAL MODELS OF THE SYSTEMS «SHIFTING CARGOES-SPECIAL EQUIPMENT»

«Maritime state university named adm. G.I. Nevel'skoi»

T.E. Malikova

The article deals with secure transportation of shifting cargoes on ship's deck. In particular, the possibility of modeling the process of cargo shifting on deck is closely considered. To develop mathematical models of connected systems «shifting cargoes-special equipment» it was suggested to use the theory of linear graphs as a unified mathematical instrument allowing to describe all diversity of the systems being considered.

Keywords: shifting cargo, special equipment, mathematical model, system being researched, stack of tubes, car, free flowing cargo

Рассмотрен вопрос безопасной перевозке смещающихся грузов на палубе судна. В частности, рассматривается возможность моделировать процесс смещения груза на палубе судна. Для разработки математических моделей связанных систем «смещающийся груз-спецустройство» было предложено использовать теорию линейных графов, как единый математический аппарат, позволяющий описать все многообразие рассматриваемых систем.

Вопросы обеспечения безопасности плавания судов со смещающимися грузами и обеспечения сохранности таких грузов при перевозке постоянно находятся в поле зрения специалистов и решаются как в рамках правил и нормативных документов отдельных стран, так и Международных морских организаций. Однако все попытки однозначного решения данной проблемы до сих пор не увенчались успехом. Аварии и аварийные происшествия на судах из-за смещения грузов происходят постоянно, о чем свидетельствуют статистические данные страховых обществ. Всякие попытки отказа от крепления смещающегося груза или их несоответствие существующим требованиям всегда приводили к нежелательным последствиям. Большинство же известных способов крепления смещающихся грузов на судах имеют ряд недостатков. И самые важные из них это трудоемкость крепления, что значительно увеличивает время погрузки и выгрузки судна в порту, и необходимость проверки креплений во время рейса.

Проектирование новых средств и способов для крепления смещающихся грузов – сложный многоступенчатый творческий процесс с большим, неоднородным составом входных и выходных параметров, возможным неоднократным возвратом на начальные ступени расчета. В процессе создания новых технологий крепления смещающихся грузов [1, 2] в Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского выполнялись научные исследования, связанные с разработкой математических моделей. Математическое моделирование и численный эксперимент, заменяя натурный эксперимент, позволили ускорить процесс создания принципиально новых технологий крепления смещающихся грузов с использованием спецустройств нового поколения. Эти устройства обеспечивают сохранность груза при морских и речных перевозках, снижение затрат физического труда при погрузо-разгрузочных работах, универсальны, экономичны.

Для разработки математических моделей связанных систем «смещающийся груз-спецустройство» было предложено использовать теорию линейных графов, как единый математический аппарат, позволяющий описать все многообразие рассматриваемых систем. Выбор именно этого математического аппарата объясняется тем, что рассматриваемые системы относятся к сложным системам со структурами, состоящими из множества взаимосвязанных элементов взаимодействующих между собой и между собой и внешней средой. Еще одним преимуществом выбранного метода является возможность формализовать про-

цесс моделирования, то есть сделать его, не зависящими от физического содержания задачи, а также сократить до минимума расчетные операции и изучить топологическую структуру системы.

Матричные уравнения равновесия системы, традиционно используемые при моделировании, выражают лишь количественные соотношения между ее переменными, тогда как топология подсказывает фундаментальные связи в системе и позволяет произвести ряд упрощений эквивалентной схемы. При изучении любой физической системы интересна связь между характеристиками компонент, составляющих систему, и характеристиками системы в целом при воздействии на систему некоторого комплекса возмущений.

Как характеристика системы в целом, так и характеристика компонент представляют собою функциональные зависимости некоторого количества переменных величин, их производных и интегралов. Эти переменные могут иметь различную физическую природу, могут отражать проявление разнообразных физических законов.

Для того чтобы доказать возможность использования теории графов как единого математического аппарата при моделировании движения сложной системы «смещающийся груз-спецустройство» при произвольных внешних воздействиях были выбраны три вида грузов, обладающих различной физической природой смещения: сыпучий груз, автомобиль и штабель труб. Для всех трех перевозимых грузов общим является одна схема крепления: транспортное средство-спецустройство-смещающийся груз. Во всех трех случаях спецустройство находится в середине перевозимого груза. Исследуемые системы:

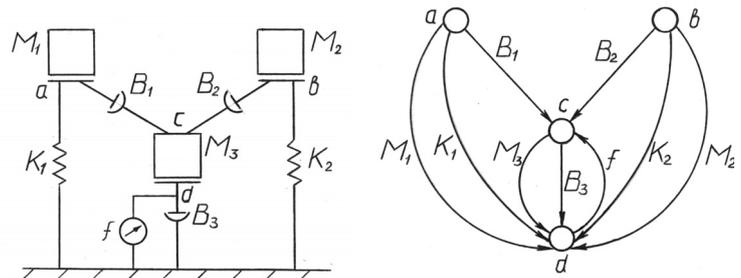


Рисунок 1 – Механическая цепь и граф системы сыпучий груз-спецустройство

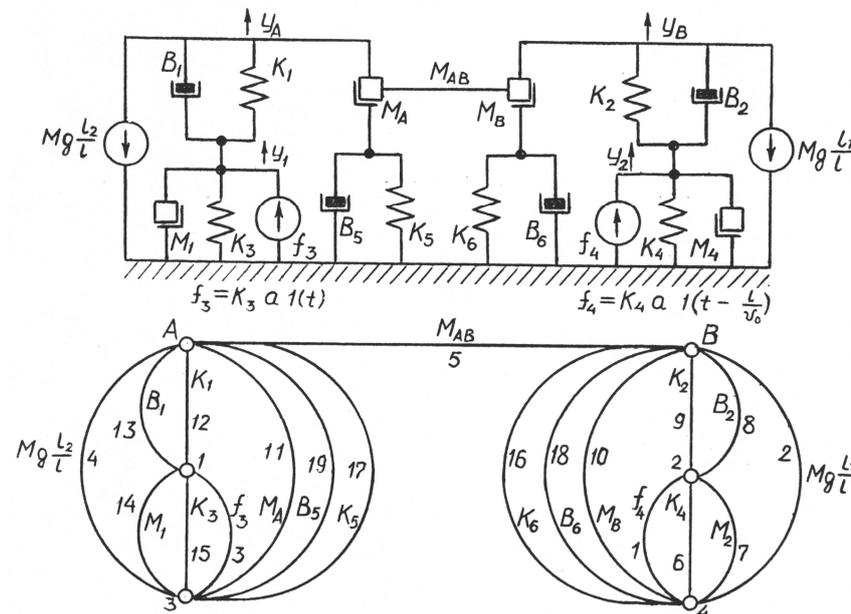


Рисунок 2 – Механическая цепь и граф системы автомобиль-спецустройство

- для автомобиля – кузов, спецустройство, колеса, судно;
- для труб большого диаметра – ряды труб, спецустройство, ряды труб, судно, по периметру трубы скреплены стяжками;
- для сыпучих грузов – слой груза, спецустройство, слой груза, судно.

Построение математической модели системы «смещающийся груз-спецустройство» выполняют в несколько этапов. Вначале выбирают физическую модель системы. Затем, на основании расчетной схемы физической модели, строят механическую цепь. Механические цепи, взятые за

основу при моделировании, представлены на рисунках 1-3. От механических цепей переходят к построению графов, которые графически изображают связь между характеристиками компонент, составляющих систему, и характеристиками системы в целом.

От графического задания математической модели переходя к матричному описанию графов в виде двух матриц (фундаментальных контуров и отсечений), описывающих характеристики системы в целом, а также выписывают полюсные уравнения, отражающие связь между характеристиками компонент, составляющих систему.

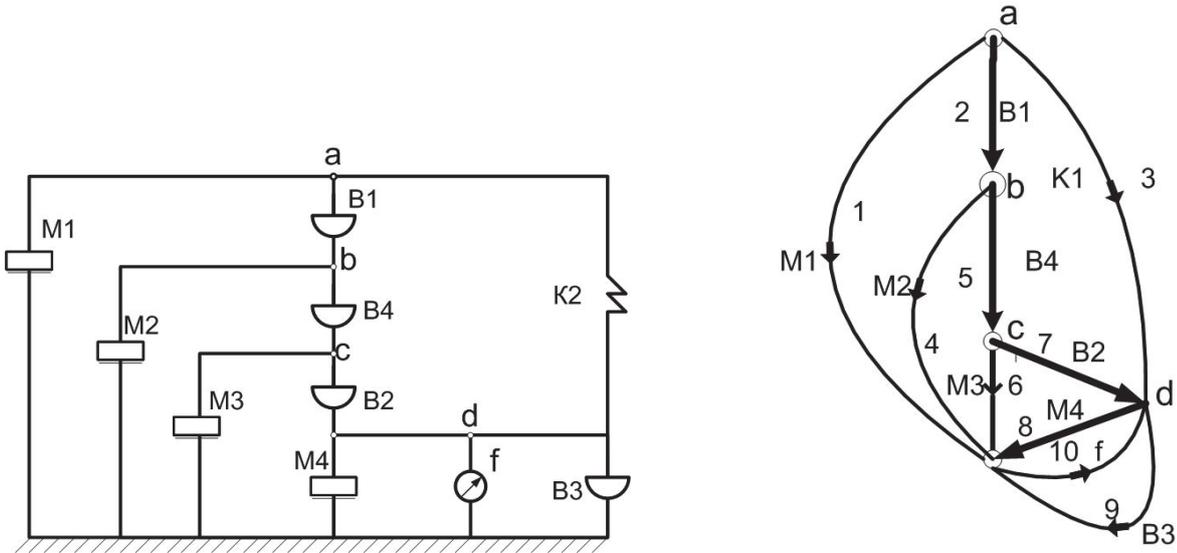


Рисунок 3 – Механическая цепь и граф системы штабель труб-спецустройство

Из полюсных уравнений и матриц отсечений, построенных для каждого вида грузов, получили следующие математические модели:

– сыпучего груза, закрепленного спецустройством:

$$B_1 \frac{dy_1}{dt} + M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_1 y_1 + M_1 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + K_1 y_3 = 0;$$

$$B_2 \frac{dy_2}{dt} + M_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + K_2 y_2 + M_2 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + K_2 y_3 = 0;$$

$$M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_1 y_1 + K_2 y_2 + M_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + B_3 \frac{dy_3}{dt} + (M_1 + M_2 + M_3) \frac{d^2 y_3}{dt^2} + (K_1 + K_2) y_3 + F = 0;$$

– штабеля труб, закрепленного спецустройством:

$$B_1 \frac{dy_1}{dt} + M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_2 y_1 + M_1 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + K_2 y_2 + M_1 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + K_2 y_3 + M_1 \frac{d^2 y_4}{dt^2} = MgL;$$

$$M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_2 y_1 + (M_1 + M_2) \frac{d^2 y_2}{dt^2} + (K_1 + K_2) y_2 + (M_1 + M_2) \frac{d^2 y_3}{dt^2} + K_2 y_3 + (M_1 + M_2) \frac{d^2 y_4}{dt^2} = 0;$$

$$M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_2 y_1 + (M_1 + M_2) \frac{d^2 y_2}{dt^2} + K_2 y_2 + K_2 y_3 + (M_2 + M_3 + M_4) \frac{d^2 y_3}{dt^2} + B_2 \frac{dy_3}{dt} + (M_1 + M_2 + M_3) \frac{d^2 y_4}{dt^2} = 0;$$

$$M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + (M_1 + M_2) \frac{d^2 y_2}{dt^2} + (M_1 + M_2 + M_3) \frac{d^2 y_3}{dt^2} + K_2 y_4 + (M_1 + M_2 + M_3 + M_4) \frac{d^2 y_4}{dt^2} + B_3 \frac{dy_4}{dt} + f y_4 = 0;$$

– автомобиля, закрепленного спецустройством:

$$M_a \frac{d^2 y_a}{dt^2} + (B_1 + B_3) \frac{dy_a}{dt} + K_1 y_a - M_{ab} \frac{d^2 y_a}{dt^2} - B_1 \frac{dy_1}{dt} - K_1 y_1 = -Mg \frac{l_2}{l};$$

$$M_a \frac{d^2 y_a}{dt^2} - M_{ab} \frac{d^2 y_a}{dt^2} + M_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + K_3 y_1 = -Mg \frac{l_2}{l} + K_3 a_1(t);$$

$$-M_{ab} \frac{d^2 y_b}{dt^2} + M_b \frac{d^2 y_b}{dt^2} + (B_2 + B_4) \frac{dy_b}{dt} + K_2 y_b - B_2 \frac{dy_2}{dt} - K_2 y_2 = -Mg \frac{l_1}{l};$$

$$-M_{ab} \frac{d^2 y_b}{dt^2} + M_b \frac{d^2 y_b}{dt^2} + M_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + K_4 y_2 = -Mg \frac{l_1}{l} + K_4 a_1 \left(t - \frac{l}{v_0} \right).$$

Выполненные исследования, связанные с разработкой математических моделей позволяют проанализировать работу спецустройства на всех возможных режимах нагружения, определить его оптимальные параметры, оценить необходимость введения в устройство того или иного элемента и тем самым ответить на вопрос: какой должна быть конструкция спецустройства для крепления каждого из перечисленных грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Маликова, Т.Е. Методика расчета технологических параметров средств крепления смещающихся грузов на основе ком-

пенсационных пневмооболочек / Т.Е. Маликова, А.Д. Москаленко, А.С. Шпак // Вестник Морского государственного университета. Проектирование и расчет конструкций из мягких оболочек. – Владивосток, 2003. – С. 30-33.

2 Пат. 2241632 Российская Федерация, МПК7 В 63 В 25/24. Способ крепления штабеля труб / Москаленко А.Д., Маликова Т.Е., Шпак А.С.; заявитель и патентообладатель Мор. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского. -№2000130744; заявл. 07.12.00; опубл. 10.12.04.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *сдвигающийся груз, спецустройство, математическая модель, исследуемая система, штабель труб, автомобиль, сыпучий груз*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Маликова Татьяна Егоровна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКАХ ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Е.В. Климова

ECONOMIC EVALUATION OF ALTERNATIVES FOR SPEED TRAIN TRAFFIC ORGANIZATION ON THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY
«Siberian state transport university»
E.V. Klimova

In article represented alternatives for Omsk-Novosibirsk speed traffic organization, criteria and comparison method included the natural and value indicators.

Keywords: speed traffic organization, capacity, natural and value indicators, comparison method

Представлены варианты организации движения скоростных пассажирских поездов на участке Омск-Новосибирск, определены критерии и разработан метод сравнения вариантов с учетом натуральных и стоимостных показателей.

В соответствии со стратегией [1] на железнодорожном транспорте реализуется принцип опережающего развития инфраструктуры и перевозочных средств по отношению к потребностям экономики страны. В частности планируется:

- полная ликвидация барьерных мест с ограничениями провозных способностей на основных направлениях грузопотоков и создание их технологических резервов;
- увеличение провозной и пропускной способности Транссибирской магистрали;
- разработка обосновывающих материалов по организации скоростного железнодорожного сообщения на направлении Новосибирск-Омск.

Рассматриваемый участок железной дороги Омск-Новосибирск расположен на Транссибирской магистрали, входящей в состав важнейших международных и внутрироссийских транспортных коридоров, следовательно, вопрос оценки вариантов его развития является актуальным.

Целью работы является определение вариантов развития участка железной дороги Омск-Новосибирск и их технико-экономических характеристик, а также установление критериев для оценки и метода сравнения вариантов.

На рассматриваемом участке Омск-Пассажирский - Новосибирск-Главный, протяженностью 626 км расположены 28 отдельных пунктов с путевым развитием. Полигон электрифицирован и оборудован автоматической блокировкой, является двухпутным, кроме трехпутного перегона Коченево-Чик. В перспективе предусматривается организация движения скоростных пассажирских поездов в количестве не более 6 пар в сутки, которые будут иметь стоянки на трех станциях.

В настоящее время организация движения поездов на участке Омск-Новосибирск имеет следующие особенности.

Во-первых, имеет место тенденция снижения числа пропускаемых грузовых поездов, вследствие увеличения числа поездов других категорий.

Наличие большого числа категорий поездов не вызывает затруднения в их пропуске, если реализуемый график движения поездов – параллельный, который, например, успешно применяется на Свердловской и Южно-Уральской железных дорогах. Однако на рассматри-

ваемом участке поезда различных категорий обращаются с разными скоростями, и, следовательно, с разными временами хода. При этом расчет пропускной способности ведется в грузовых поездах, а для всех остальных категорий поездов – с учетом коэффициента съема, который показывает, сколько грузовых поездов можно было бы пропустить вместо одного поезда данной категории.

Во-вторых, грузовые поезда, которые невозможно пропустить по Транссибу (в связи с увеличением числа поездов других категорий) передаются на параллельные ходы. Так, например, при вывозе углей из южного Кузбасса на запад имеются следующие варианты следования поездов:

- Большая часть потока грузовых поездов следует по маршруту Артышта-2 -Алтайский узел-Среднесибирская-Среднесибирский ход-Омский узел-западные стыки Западно-Сибирской железной дороги. Расстояние маршрута составляет 1110 км.

- Часть грузовых поездов следует по маршруту Артышта-2 – Белово-Промышленная-Инская-Транссиб-западные стыки Западно-Сибирской железной дороги. Число грузовых поездов пропускаемых по данному направлению ограничено пропускной способностью Транссиба. Расстояние маршрута составляет 1104 км.

- Часть грузовых поездов следует кружностью по маршруту Артышта-2 - Белово-Промышленная-Инская-Среднесибирская-Среднесибирский ход-Омский узел-западные стыки Западно-Сибирской железной дороги. Расстояние маршрута составляет 1375 км.

В-третьих, согласно федеральной программе [1] предусматривается организация скоростного движения на ряде направлений, в том числе на направлении Омск-Новосибирск со скоростью движения пассажирских поездов 200 км/ч.

В-четвертых, реализация проекта [3] предусматривает поэтапное повышение маршрутных скоростей движения контейнерных поездов за счет изменения технологии обработки поездов по маршруту следования, повышения ходовой скорости движения поездов, что опять же приведет к увеличению коэффициента съема грузовых поездов контейнерными и сокращению числа грузовых поездов на Транссибирской магистрали.

Для организации скоростного пассажирского движения с учетом вышеуказанных особенностей определены следующие принципиальные варианты развития участка Омск-Новосибирск:

- Без увеличения числа главных путей и организации смешанного движения пассажирских и грузовых поездов.

- Строительство третьего главного пути, специализированного для скоростных пассажирских поездов и части пассажирских поездов. Существующие главные пути будут специализироваться для пропуска поездов остальных категорий.

- Строительство третьего и четвертого главных путей, специализированных по направлениям для пропуска скоростных и пассажирских поездов. Существующие главные пути будут специализироваться для пропуска грузовых поездов.

- Строительство отдельной скоростной железнодорожной линии.

Для сравнения принципиальных вариантов развития участка предлагаются следующие критерии:

- Натуральный показатель – пропускная способность участка.

- Стоимостной показатель – дисконтированные строительно-эксплуатационные затраты.

При многокритериальном сравнении для принятия решения целесообразно рассматривать варианты, обеспечивающие пропуск заданного числа поездов с минимальным соотношением дисконтированных строительно-эксплуатационных затрат к единице продукции. В данном случае для сравнения вариантов предлагается использовать условие

$$\frac{S_i}{N_{pi}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где S_i – дисконтированные строительно-эксплуатационные затраты по i -му варианту;

N_{pi} – потребная пропускная способность лимитирующего перегона по i -му варианту развития участка.

Дисконтированные строительно-эксплуатационные затраты по каждому варианту определены по формуле

$$S_i = \left[\sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t} \right]_i + \sum_{t=1}^T \frac{\mathcal{E}_t}{(1+E)^t}, \quad (2)$$

- где K_t – капитальные затраты на реализацию проекта скоростного движения по i -му варианту развития участка, млн. руб.;
- E – норма дисконта, задаваемая инвестором; для проектов, имеющих социальную значимость, принимается 8%;
- t – расчетный год;
- \mathcal{E}_t – эксплуатационные расходы по i -му варианту развития участка (млн. руб./год), учитывающие:
- эксплуатационные расходы по содержанию основных устройств инфраструктуры участка по i -му варианту;
 - эксплуатационные расходы по пробегу поездов по i -му варианту.

Капитальные затраты определяются умножением стоимости строительства 1 км третьих главных путей [4] с учетом индекса потребительских цен на протяженность новых путей. Эксплуатационные расходы по содержанию основных устройств рассчитываются на основании укрупненных норм расходов на 1 км новых путей, по пробегу поездов – методом расходных ставок в соответствии с [5].

Интегральный экономический эффект от реализации i -ого варианта организации движения скоростных поездов рассчитывается по формуле

$$\Pi_i = \left[\sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E)^t} \right]_i - \sum_{t=1}^T \frac{\mathcal{E}_t + K_t}{(1+E)^t}, \quad (3)$$

где D_t – доходы от перевозок по i -ому варианту.

Пропускная способность рассматриваемых вариантов может быть выражена через величину резерва пропускной способности перегонов участка, определяемого по формуле [6]

$$P = \frac{N_n - N_p}{N_n} 100, \quad (4)$$

где N_n – наличная пропускная способность перегона;

N_p – потребная пропускная способность перегона.

Расчеты времени хода, разгона и замедления скоростных пассажирских поездов с использованием метода трендового анализа показали, что время хода скоростного поезда на направлении Омск-Новосибирск сократится в нечетном направлении с 7 ч 26 мин. до 3 ч 28 мин., в четном – с 7 ч 31 мин. до 4 ч 39 мин.

Расчеты пропускной способности для различных вариантов показали следующее:

– В настоящее время, при существующих техническом оснащении и размерах движения число перегонов, ограничивающих пропускную способность составляет 8 в нечетном и 15 в четном направлениях. Кружностью необходимо направлять 21 нечетный и 57 четных грузовых поездов. Капитальные затраты на усиление пропускной способности лимитирующих перегонов (сооружение дополнительных главных путей протяженностью 442 км) составят 56 млрд. руб.

– При организации движения скоростных поездов по варианту 1 (без увеличения числа главных путей на участке) число перегонов, ограничивающих пропускную способность составит 13 в нечетном и 18 в четном направлениях. Кружностью необходимо направлять 44 нечетных и 57 четных грузовых поездов. Капитальные затраты на усиление пропускной способности лимитирующих перегонов (сооружение дополнительных главных путей протяженностью 520 км) составят 66 млрд. руб.

– При организации движения скоростных поездов по варианту 2 (при сооружении третьего главного пути на участке) дополнительно по Транссибу можно будет пропустить 27 нечетных и 15 четных грузовых поездов. Капитальные затраты на сооружение третьего главного пути составят 79,5 млрд. руб.

– При организации движения скоростных поездов по варианту 3 (при сооружении третьего и четвертого главных путей на участке) дополнительно по Транссибу можно будет пропустить по 73 грузовых поезда в обоих направлениях. Капитальные затраты на сооружение третьего и четвертого главных путей составят 159 млрд. руб.

Окончательный выбор варианта развития участка Омск-Новосибирск при организации скоростного движения необходимо производить по критерию дисконтированные строитель-

но-эксплуатационные затраты на единицу продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года (Белая книга ОАО «РЖД»). -М., 2007. -54 с.
- 2 Развитие скоростного и высокоскоростного движения в России [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://rzd.ru/static/public/rzd?STRUCTURE_ID=5099.
- 3 Проект «Транссиб за 7 суток» [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://cargo.rzd.ru/static/public/cargo?STRUCTURE_ID=5129&.
- 4 О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 17 июня 2008 г. №877-р. -М., 2006. -104 с.
- 5 Экономическая оценка показателей эксплуатационной работы Западно-Сибирской железной дороги. -Новосибирск, 2012. -88 с.
- 6 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. -М., 2010. -303 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *организация скоростного движения, пропускная способность, натуральные и стоимостные показатели, метод сравнения вариантов*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Климова Екатерина Викторовна, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОГРУЗКИ ПО НАЗНАЧЕНИЯМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ В ДВИЖЕНИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Новосибирский филиал ОАО «Первая Грузовая Компания»

А.В. Кабалина

IMPACT OF REGULATION ON HANDLING ASSIGNMENTS FOR STABILITY IN THE MOVEMENT OF FREIGHT TRAINS
Novosibirsk branch of «First Freight Company»
A.V. Kabalina

The article presents the optimum regulatory option of loading the appointment, providing the rhythm in the operational work of railway transport.

Keywords: railway transportation, loading, repetition range, turn the car, journey time, management, car fleet management efficiency

Рассмотрен оптимальный вариант регулирования погрузки по назначениям, способный обеспечить ритмичность в эксплуатационной работе железнодорожного транспорта.

На сети железных дорог страны периодически возникают затруднения в движении грузовых поездов по причине несвоевременной выгрузки вагонов в пунктах назначения. В частности, это наблюдается в морских портах Дальневосточной железной дороги. Так, по причине несвоевременной выгрузки вагонов на Транссибирской магистрали были брошенными многие десятки составов грузовых поездов. Устойчивость в пропуске поездов на магистральных железнодорожных линиях можно осуществить путем изменения очередности пропуска поездов, а также путем регулирования погрузки по назначениям в зависимости от дальности следования погруженных вагонов. При этом для установления оптимального варианта регулирования погрузки необходимо учитывать неравномерность в объемах общего предъявления погрузки по назначениям.

Обратимся к рассмотрению перевозки нефтепродуктов. Так, потребность в нефтепродуктах для всей страны в целом возрастает в летние месяцы, в зимние месяцы она снижается. При этом сезонная неравномерность в потреблении нефтепродуктов требует создания на станциях отправления или назначения специальных складов. Также в периоды увеличения объемов перевозок существующего подвижного состава обычно не хватает. Следует учитывать, что в период ограничений с выгрузкой в пунктах назначения возникают затруднения в движении на прилегающих магистральных линиях, вследствие чего замедляется оборот вагонов. Таким образом, в пиковый период не может быть обеспечен своевременный вывоз продукции, в результате чего снизится прибыль предприятий – собственников вагонного парка.

Сократить задержки поездов и снизить потребности в вагонном парке возможно за счет регулирования погрузки по назначениям.

- В целях рационального использования вагонов необходимо решить следующие задачи:
- обеспечить более равномерное использование парка вагонов в целях организации устойчивой погрузки нефтепродуктов в течение всего годового периода;
 - организовать беспрепятственный вывоз нефтегрузов при имеющемся вагонном парке;

– сократить сбои в движении поездов по причине несвоевременной выгрузки вагонов в пунктах назначения с увеличенным парком вагонов.

Каждая из данных задач может быть решена путем изменения дальности следования погруженных вагонов по магистральным железнодорожным линиям. Необходимо организовать рациональное использование вагонов в течение года без длительных простоев. Для этого целесообразно в период повышенной потребности в вагонах уменьшать размеры движения и увеличивать объемы погрузки вагонов в пунктах отправления грузов. В случае спада в движении вследствие уменьшения объемов погрузки становится целесообразным, наоборот, путем регулирования погрузки по назначениям увеличивать объем перевозок или увеличивать размеры движения на железнодорожных линиях. Это обеспечивает ритмичность в эксплуатационной работе железнодорожного транспорта в целом в течение всего годового периода. В период повышенной потребности в погрузке необходимо, наоборот, уменьшать размеры движения, чтобы обеспечивать устойчивый пропуск поездов по магистральным железнодорожным линиям в течение всего годового периода.

По мнению Н.А. Гундобина, «Для выбора оптимального варианта необходимо учитывать разницу в дальности следования погруженных вагонов до пунктов назначения. Так, погруженные вагоны могут следовать на самое различное расстояние: от нескольких десятков до пяти и более тысяч километров» [1].

Время нахождения погруженного вагона в различных элементах оборота в зависимости от дальности их следования представлено в таблице.

Таблица – Время нахождения погруженного вагона в различных элементах оборота в зависимости от дальности их следования, ч

Наименование показателей использования погруженных вагонов	Дальность следования вагонов, км				
	100	500	1000	3000	5000
На грузовых станциях в пунктах погрузки	20	20	20	20	20
На грузовых станциях в пунктах выгрузки	20	20	20	20	20
На участковых станциях	4	12	32	112	192
В движении	5	25	50	150	250
Суммарное время	98	154	244	604	964

Данные таблицы показывают, что затраты времени на начальных и конечных станциях погрузки и выгрузки имеют примерно одинаковую величину и не зависят от дальности следования погруженных вагонов. Данные виды простоя вагонов в значительной степени зависят от веса формируемых грузовых поездов, или от числа вагонов в составах.

В то же время, суммарная величина простоя вагонов на участковых станциях, и особенно в движении, в значительной степени возрастают пропорционально дальности следования. Различное время нахождения вагонов в элементах их оборота оказывают значительное влияние на возможность выполнения регулировочных мер, связанных с совершенствованием эксплуатационной работы магистральных линий в условиях неравномерности в движении, колебаний в объемах перевозок [2].

На основании данных таблицы можно сделать вывод, что при увеличении расстояния в 2 раза, оборот вагона возрастает в меньшей степени (в 1,7 раза).

Итак, с увеличением дальности следования возрастает время оборота погруженных вагонов. При перевозке нефтеналивных грузов вагон после выгрузки следует обратно в порожнем состоянии. При этом протяженность груженого рейса будет равна величине порожнего рейса. При таких условиях за счет наличия затрат времени на начальные и конечные технологические операции по погрузке и выгрузке, суммарное время оборота вагона увеличивается в меньшей степени, чем увеличивается дальность следования погруженных вагонов до пунктов назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гундобин, Н.А. Справочник эксплуатационника / Н.А. Гундобин. -М.: Транспорт, 1971. -704 с.
 2 Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макаровичкин. -М.: Транспорт, 1994. -544 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: погрузка нефтегрузов, дальность следования, оборот вагона, время следования, регулирование погрузки, вагонный парк, эффективность управления
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Кабалина Анна Викторовна, диспетчер Новосибирский филиал ОАО «ПГК»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г. Новосибирск, ул. Шамшурина, 33, Новосибирский филиал ОАО «ПГК»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО ВИДАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

М.О. Северова

**THE DEVELOPMENT OF METHODOLOGIES FOR ASSESSING COSTS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE BY TYPES OF
ACTIVITIES**

«Siberian state transport university»

M.O. Severova

In the current holding structure of company «Russian Railways» development of new approaches to managing a complex of infrastructure costs become particularly significant.

Keywords: complex of infrastructure, industry sector, type of activity, cost factor

В условиях сложившейся холдинговой структуры компании ОАО «РЖД» разработка новых подходов к управлению затратами комплекса инфраструктуры приобретают особое значение.

В условиях острой конкуренции железных дорог с другими видами транспорта за объем перевозок, расширения сферы автомобильного транспорта в грузовых перевозках, продолжающегося роста цен на все виды ресурсов необходимо совершенствовать систему нормирования и контроля расходов на всех уровнях управления. В целом от уровня эксплуатационных затрат зависят финансово-экономические результаты и стабильность развития отрасли. Одним из условий повышения рентабельности перевозок является эффективное управление затратами всех участников перевозочного процесса [1].

Совершенствование подходов к учету и планированию эксплуатационных расходов предприятий железнодорожного транспорта на современном этапе должно касаться, прежде всего, инфраструктурного комплекса, являющегося ключевым звеном всего перевозочного процесса и остающегося в неконкурентном секторе транспортного рынка.

В результате структурных преобразований в компании ОАО «РЖД» были пересмотрены подходы к формированию себестоимости продукции по видам деятельности. В рамках данного вопроса особый интерес представляют способы расчета удельных затрат структурных подразделений комплекса инфраструктуры, так как именно они являются основой для установления ставок на оказываемые услуги и оценки их рентабельности.

Комплекс инфраструктуры включает в себя предприятия вагонного хозяйства, путевого, гражданских сооружений, сигнализации и автоблокировки и энергетики. Специфика работы каждого отраслевого хозяйства влияет на процессы формирования и распределения расходов по видам деятельности [2]. В связи с этим необходимо решить задачу выбора измерителей для расчета удельных затрат как отдельных хозяйств и так и инфраструктуры в целом, относимых на оказание услуг по перевозке грузов (ГП) и пассажиров в дальнем (ПДС) и пригородном сообщении (ППС).

На первом этапе необходимо распределить расходы инфраструктуры по видам деятельности. Для решения данной задачи использовалась действующая в компании методология раздельного учета – «Порядок ведения раздельного учета доходов, расходов и финансовых результатов по видам деятельности, тарифным составляющим и укрупненным видам работ ОАО «РЖД» (утв. 31.12.10 г. №311). Распределение расходов по видам деятельности основывается на методике функционально-стоимостного анализа, путем исчисления затрат на операции, составляющие технологическую цепочку производства. Звеньями технологической цепочки являются функции, выполняемые персоналом, оборудованием и информационными системами.

Существующая методика отнесения затрат по видам деятельности [3], действующая в компании, предусматривает способы отнесения специфических и накладных расходов на основании различных измерителей объема работы. Статьи накладных расходов относятся сначала на статьи функции, в составе которых и происходит распределение их на виды деятельности. Распределение затрат проводилось пропорционально измерителям, соответствующим каждой отдельной статье прямых производственных расходов согласно действующему Порядку. Перечень показателей отражает в основном пробеги груза и подвижного со-

става: локомотиво·км в голове поездов и в одиночном следовании, поездо·км электропоездов, приведенная работа железных дорог и приведенные т·км брутто и др.

Результаты распределения показали, что наибольший удельный вес приходится на затраты грузовых перевозок, что составляет в вагонном хозяйстве 99,9% от всех расходов хозяйства и 91,5% – в хозяйстве энергетики. Расходы на оказание услуг по перевозкам в пригородном сообщении составляют менее 2% от общей суммы расходов.

Следует отметить, что методика позволяет увидеть только общую сумму издержек, относимых на виды деятельности. Для расчета удельных расходов необходимо выбрать один измеритель, от которого зависит величина затрат. При этом для каждого вида деятельности он может быть индивидуальным. Именно выбор фактора затрат является задачей второго этапа.

Для выбора фактора издержек было проведено исследование поведения затрат, отнесенных по видам деятельности, в соответствии с выполняемым объемом работы. Использовались методы корреляционно-регрессионного анализа, согласно которым прямая наилучшего согласия должна располагаться таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений фактических значений от расчетных была минимальной.

В целом по всему комплексу инфраструктуры расходы, отнесенные на грузовые перевозки, связаны с измерителями «тонно-километры нетто», пассажирские в дальнем следовании с измерителем «т·км брутто», в пригородном сообщении – «локомотиво·км». Однако для отдельных хозяйств заметно разнообразие среди подходящих драйверов затрат. Измерители для расходов путевого хозяйства совпадают с результатами, полученными для инфраструктуры в целом, что объясняется тем, что именно это хозяйство формирует более половины расходов комплекса (55%). Расходы по оказанию услуг по пассажирским перевозкам в дальнем следовании хозяйств гражданских сооружений, энергетики, сигнализации и автоблокировки связаны с пробегом вагонов. Для расходов хозяйства энергетики по оказанию услуг в пригородном сообщении и хозяйства сигнализации и автоблокировки, относимых на грузовые перевозки фактором затрат является пробег поездов (поездо·км). В остальных случаях используются величины грузооборота нетто и брутто по видам движения. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица – Факторы издержек затрат инфраструктуры по видам деятельности

Виды деятельности	Драйвер затрат	Фактор затрат		Расходная ставка, руб./ед.
		уравнение регрессии	коэффициент корреляции	
Дирекция инфраструктуры в целом				
ГП	т·км нетто	$y = 0,6072 x^{1,515}$	0,532	102,305
ПДС	т·км брутто	$y = 50,205x + 11283$	0,708	59,517
ППС	локомотиво·км	$y = 25,858x - 2014,3$	0,692	23,853
Вагонное хозяйство				
ГП	т·км брутто	$y = 20,499x - 397726$	0,574	9,367
ПДС	вагоно·км	$y = 0,000001x^{1,799}$	0,695	0,003
ППС	локомотиво·км	$y = 0,000001x^{2,415}$	0,556	0,017
Путевое хозяйство				
ГП	т·км нетто	$y = 0,0004x^{2,1799}$	0,587	54,363
ПДС	т·км брутто	$y = 23,375x + 8006,8$	0,727	29,458
ППС	вагоно·км	$y = 12,103x - 838,23$	0,544	1,563
Хозяйство сигнализации и автоблокировки				
ГП	поездо·км	$y = 25,551x^{1,0203}$	0,407	31,357
ПДС	вагоно·км	$y = 0,1947x^{1,074}$	0,808	0,410
ППС	т·км брутто	$y = 4,9073x^{1,050}$	0,732	6,595
Хозяйство электрификации и электроснабжения				
ГП	т·км нетто	$y = 3 \cdot 10^{-7} x^{2,798}$	0,605	18,383
ПДС	вагоно·км	$y = 1,2562x + 879,76$	0,666	1,334
ППС	поездо·км	$y = 7466,4 \ln x - 42154$	0,557	9,537

В таблице не представлены результаты исследования, полученные для хозяйства гражданских сооружений, так как не удалось установить достаточно достоверных уравнений

регрессии для описания поведения расходов. На данном этапе могут быть рекомендованы измерители, предлагаемые для комплекса инфраструктуры в целом.

Полученные зависимости являются основанием для использования вышеназванных измерителей для расчета ставок инфраструктуры по видам деятельности, как по отдельным отраслевым хозяйствам, так и комплексу в целом.

Разработанные рекомендации позволяют оценить удельные расходы инфраструктуры по видам деятельности, а значит, появляется возможность для их научно-обоснованного планирования, анализа и определения рентабельности услуг, предоставляемых инфраструктурой железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смехова, Н.Г. Новые принципы управления расходами ОАО «РЖД» / Н.Г. Смехова, А.В. Шобанов // Экономика ж. д. - 2009. -№3. -С. 62-75.
- 2 Расходы инфраструктуры железнодорожного транспорта: учеб. пособие / Н.П. Терешина, Н.Г. Смехова, С.М. Иноземцева, В.А. Токарев. -М.: ГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.», 2010. -224 с.
- 3 Номенклатура доходов и расходов по видам деятельности ОАО «РЖД». -М., 2010. -543 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: комплекс инфраструктуры, отраслевые хозяйства, виды деятельности, фактор затрат
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Северова Марина Олеговна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПАССАЖИРОВ В ДАЛЬНЕМ И ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИЯХ

**ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»**

А.П. Дементьев, В.Н. Шестаков

**FEATURES OF THE FORMATION OF RAILWAY TRANSPORT UNIT COSTS ON TRANSPORTATION OF PASSENGERS IN THE
LONG-DISTANCE AND SUBURBAN TRAFFIC**
«Siberian state transport university»

A.P. Dementiev, V.N. Shestakov

Scientifically proved evaluation of the unit costs related with transportation of passengers shall be the basis for setting the rates for services provided by passenger railway companies.

Keywords: unit costs, functional units, passenger complex, long-distance and suburban traffic

Выполнена научно обоснованная оценка удельных расходов, связанных с перевозкой пассажиров, должна являться основой для установления ставок на услуги, предоставляемые пассажирским компаниям.

Одними из приоритетных направления развития транспортной системы на среднесрочный период заключаются в развитии общественного пассажирского транспорта и обеспечении доступности транспортных услуг для населения. Железнодорожный пассажирский транспорт России доказал свое социально-экономическое назначение. Рынок пассажирских перевозок, в отличие от рынка грузовых, характеризуется более высокой конкуренцией между видами транспорта. Он предоставляет услуги различных видов транспорта, которые отличаются по скорости и времени в пути, стоимости проезда, набору услуг в пути следования, регулярности и доступности.

На рынке пассажирских перевозок железнодорожный транспорт по-прежнему занимает лидирующие позиции, что говорит о его относительной дешевизне и доступности для всех слоев населения. На рынке внутрироссийских магистральных пассажирских сообщений перевозки по железной дороге занимают ведущее положение. Их доля составляет 65,7% в общем пассажирообороте всех видов транспорта [2].

На сегодняшний день железнодорожный транспорт – это динамично развивающийся перевозчик пассажиров, который находится в активной фазе структурного реформирования. Одним из злободневных вопросов в пассажирском комплексе является вопрос совершенствования структуры управления и повышения их рентабельности.

Одной из важнейших задач повышения эффективности функционирования пассажирского комплекса является рациональное управление транспортными расходами. В экономии-

ке железнодорожного транспорта существует отдельное направление расчета удельных транспортных затрат связанное с экономической оценкой показателей эксплуатационной работы [1, 3]. Однако, образование дочерних компаний, осуществляющих перевозки пассажиров в дальнем и пригородном сообщении, применение новых подходов к формированию себестоимости транспортных услуг, дает новую ступень развития данному направлению с точки зрения аккумулирования затрат отдельных функциональных подразделений, участвующих в перевозочном процессе для получения полной величины расходов, связанных с перевозкой пассажиров.

Изменение структуры транспортной отрасли привело к тому, что информационное пространство, отражающее основные показатели деятельности железных дорог разделилось на отдельные части. Существуют отдельные балансовые единицы, которые формируют в корпоративной информационной системе самостоятельный отчет о расходах – это Дирекция по ремонту пути (ДРП), Дирекция управления движением (ДУД), Дирекция тяги (ДТ), дирекция по ремонту тягового подвижного состава (ДРТ), Дирекция инфраструктуры (ДИ), а также ФПК, экспресс-пригород.

Анализ классификатора расходов выявил статьи пассажирского, локомотивного и вагонного хозяйства, которые отражают оказание услуг компаниям перевозчикам пассажиров, амортизацию подвижного состава, сдаваемого в аренду и др. Появление данных статей вызвало необходимость актуализации системы измерителей действующей методики.

Расчеты показателей экономической оценки в пассажирском движении, проводились авторами с учетом дополнительных статей расходов, выявленных в ходе анализа, в разрезе функциональных дирекций. Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица – Единичные расходные ставки для полигона Западно-Сибирской ж.д. (далее следование)

Наименование	ТФ*	ДРТ	ДУД	ДРП	ДТ	Полигон
Вагоно·км пассажирских вагонов	0,345					0,345
Локомотиво·км при электровозной тяге		5,064			2,568	7,632
Локомотиво·км при тепловозной тяге		10,285				10,285
Секция·км электросекций	0,269					0,269
Локомотиво·ч поездных электровозов	4,888	74,380			629,910	709,178
Локомотиво·ч поездных тепловозов		100,796			46,040	146,836
Секция·ч электросекций	196,351					196,351
Локомотиво·час маневровой работы	62,781	0,597	792,809		388,903	1245,089
1000 т·км брутто (для расходов инфраструктуры)	4,668			0,129		4,796
Отправленный пассажирский вагон (для ФПК)	138,328					138,328
Вагоно·ч пассажирского вагона в движении (для ФПК)	0,039				24,110	24,149
Пригородное сообщение						
Вагоно·км пассажирских вагонов	3,530					3,530
Локомотиво·км при тепловозной тяге		0,360				0,360
Секция·км электросекций	3,526					3,526
Локомотиво·ч поездных тепловозов		5,213				5,213
Секция·ч электросекций	705,705					705,705
Вагоно·ч пассажирского вагона в движении	24,258					24,258
Вагоно·ч пассажирского вагона в среднем	118,279					118,279
Отправленный пассажир	0,883					0,883
Локомотиво·ч маневровой работы	29,826	2,741	377,351		187,658	597,577
1000 т·км брутто (для расходов инфраструктуры)	3,196			0,099		3,295

*-территориальный филиал, в том числе ДИ

Формирование величины удельных расходов для условий полигона зависит от доли участия отдельных функциональных подразделений в общей перевозочной работе, соответственно которой распределяются расходы и экономический эффект от улучшения показателей эксплуатационной работы. Появляется возможность ранжировать участников перевозочного процесса с точки зрения их вклада в общую величину затрат. Например, расходы, связанные с Локомотиво·ч маневровой работы в дальнем следовании и пригородном сооб-

щении складываются из 4-х частей: 31% приходится на расходы Дирекции тяги, 63% расходы Дирекции управления движением (рисунок), и небольшие доли расходов территориального филиала и Дирекции по ремонту тягового подвижного состава. Из чего можно сделать вывод о наибольшем влиянии работы Дирекции управления движением в формировании данных расходных ставок.

В распределении расходов на 1 локомотиво·ч поездных электровозов в дальнем следовании 89% затрат приходится на Дирекцию тяги, 10% на Дирекцию по ремонту тягового подвижного состава. А в расходах на 1 локомотиво·ч поездных тепловозов в дальнем следовании 68% составляют затраты Дирекции по ремонту тягового подвижного состава, и 31% затраты Дирекции тяги (рисунок).

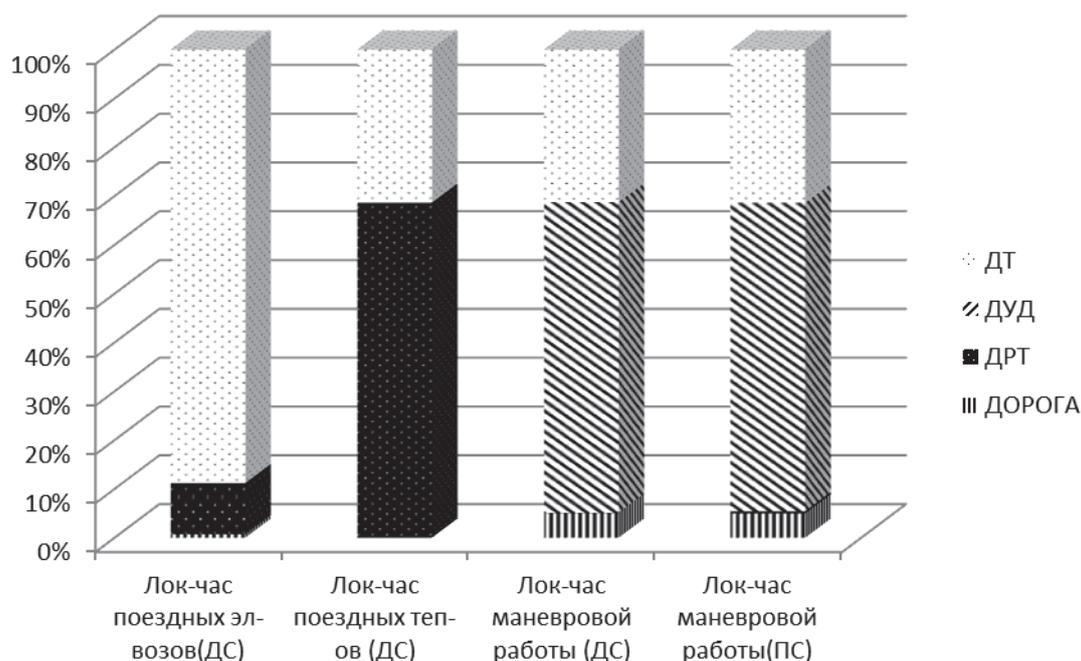


Рисунок – Структура расходных ставок по функциональным дирекциям

Дополнение системы измерителей для расчета удельных затрат в пассажирском движении позволило существенно расширить перечень определяемых единичных расходных ставок – появились ставки, связанные с работой локомотивов и электросекций в дальнем и пригородном сообщении (ставки на локомотиво·км, локомотиво·ч, секция·км и секция·ч), отправлением пассажиров и пассажирских вагонов, временем работы пассажирских вагонов в поездах (вагоно·ч в движении и в среднем).

Проведенное исследование позволяет говорить о необходимости адаптации действующей методики расчета экономической оценки эксплуатационной работы в пассажирском движении к условиям изменения структуры управления железнодорожной отраслью, изменениям в учете расходов и формированию себестоимости услуг по видам деятельности. Показатели удельных затрат должны рассчитываться по отдельным подразделениям компании и агрегироваться для возможности получения величины полных расходов, связанных с тем или иным измерителем объема работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смехова, Н.Г. Себестоимость железнодорожных перевозок / Н.Г. Смехова, А.И. Купоров. -М.: Маршрут, 2003. -494 с.
- 2 Выступление президента ОАО «РЖД» В.И. Якунина на «Пассажирском форуме-2012» в конференц-центре «Swissotel Красные Холмы», (г. Москва, 11 апр. 2012 г.) [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://advis.ru/php/view_news.php?id=eb53d108-6873-a34b-bae1-809309cddb896.
- 3 Методика и организация расчета укрупненных и единичных расходных ставок в условиях структурной реформы ОАО «РЖД». -М., 2008.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *удельные затраты, функциональные подразделения, пассажирский комплекс, дальнее и пригородное сообщение*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Дементьев Алексей Петрович, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Шестаков Владимир Николаевич, соискатель ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СТОИМОСТИ УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ ПРИГОРОДНЫМ ПАССАЖИРСКИМ КОМПАНИЯМ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Т.А. Лунина, Л.Н. Аршба

PROBLEMS OF ECONOMIC EVALUATION OF THE COST OF SERVICES RENDERED TO SUBURBAN PASSENGER COMPANIES

«Siberian state transport university»

T.A. Lunina, L.N. Arshba

Services charges on maintenance, current repairs and complete overhaul for suburban passenger companies are analyzed in the article. Recommendations for improvement of the procedure of their determination are developed.

Keywords: suburban passenger complex, charges on infrastructure services use, unit charges, indexation ratios

Проанализированы ставки по оказанию услуг по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам пригородным пассажирским компаниям и разработаны рекомендации по совершенствованию методики их определения.

В процессе структурной реформы ОАО «РЖД» пригородный пассажирский комплекс претерпел значительные изменения, в результате которых перевозка пассажиров в пригородном сообщении уже на всех дорогах осуществляется пассажирскими пригородными компаниями (ППК). С 1 апреля 2012 года в ОАО «РЖД» для организации пригородных перевозок сформированы две новых центральных дирекции:

- Центральная дирекция моторвагонного подвижного состава;
- Центральная дирекция пассажирских обустройств.

И теперь роль ОАО «РЖД» сводится к предоставлению услуг инфраструктуры и подвижного состава пригородным пассажирским компаниям (рисунок 1).

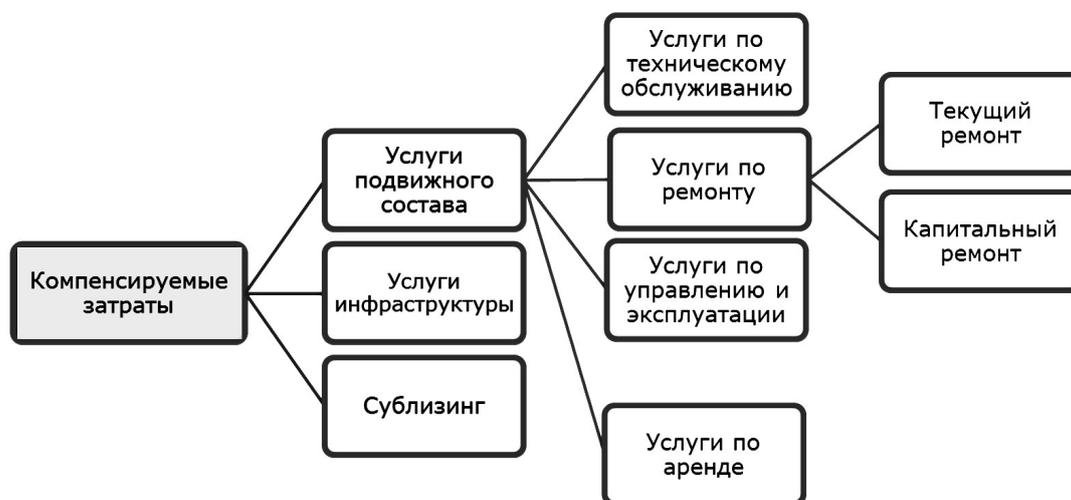


Рисунок 1 – Структура затрат, предъявляемых ППК

Уровень тарифов на пользование услугами инфраструктуры определяется Правительством РФ. В свою очередь, тарифы на остальные услуги являются результатом переговоров Администрации субъектов федерации, ППК и ОАО.

Как правило, установленный Администрациями регионов тариф на пригородные перевозки устанавливается на уровне меньше экономически обоснованного, учитывая социальную значимость этого вида перевозок. При этом выпадающие расходы компенсируются из средств бюджета регионов.

Покрыть значительную величину убытков субъект Федерации не может. И таким образом, на первый план выходит необходимость четкого и прозрачного формирования ставок на оказание услуг пригородным пассажирским компаниям, в том числе по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту подвижного состава; управлению и эксплуатации подвижным составом; аренде подвижного состава.

В 2010 г. Департаментом планирования и бюджетирования и Департаментом корпоративных финансов были разработана Методика предусматривающая порядок расчета стоимости услуг ОАО «РЖД» для пригородных компаний. В основу методики положен принцип, по которому стоимость услуг, оказываемых пригородным пассажирским компаниям, является равнозначной для всех пригородных пассажирских компаний. Стоимость услуг рассчитывается на основании затрат компании за предыдущий отчетный период по статьям затрат.

По этой методике дорогами рассчитаны ставки на оказываемые услуги на основании данных о фактических затратах на эти услуги по результатам 9 месяцев 2010 г. И с 01.01.2011 г. при расчетах с ППК используется рассчитанная и утвержденная ОАО «РЖД» ставка.

SWOT-анализ методики позволил оценить ее сильные и слабые стороны (рисунок 2).

Анализ проведенный на полигоне ЗСЖД показал, что реальные затраты дороги в 2011 году превысили возмещаемые. Причинами этого являются, во-первых, не совсем точная база, взятая для расчета ставки. Во-вторых, то, что в 2011 году произошло изменение отчислений на социальные нужды, ну а в третьих, повлияла инфляция.

Алгоритмы определения каждой составляющей расходной ставки имеют свою специфику.

Ставки по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава определяются на основании вагоно-километровой работы в пригородном сообщении в разрезе видов тяги. При этом особая сложность заключается в формировании информационной базы для расчета из централизованной отчетности форм ЦО-5, ЦО-4 и в распределении накладных расходов.

В части ставок за управление и эксплуатацию подвижного состава общий размер затрат, отраженных по статьям управленческой отчетности делится на объем поездо-часов за период отдельно по каждому виду тяги из данных форм ЦО-5 и ЦО-4.

Спецификой структуры этой ставки является то, что около 80% составляют расходы на оплату труда и социальные отчисления, так как здесь отражается работа локомотивных бригад.

Элементы затрат	Индекс
Оплата труда	1,086
Социальные отчисления	1,420
Материалы	1,128
Топливо	1,188
Электроэнергия	1,128
Прочие материальные	1,128
Амортизация	1,000
Прочие	1,128

Рисунок 3 – Коэффициенты индексирования элементов затрат

за счет применения нескольких коэффициентов индексации для составных элементов ставок на оказание услуг. Возможно применение индексов, которые отражают существующие изменения экономической конъюнктуры в течение финансового периода (рисунок 3).

Для элемента «Оплата труда» предлагается использовать индекс потребительских цен (ИПЦ). Для остальных элементов возможно применение индексов цен производителей

Сильные стороны:	Слабые стороны:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота применения. 2. Дифференцирование по видам тяги. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Единая ставка для всех регионов в границах филиала. 2. Расчет ставки на основе данных предыдущего года. 3. Отсутствие некоторых статей расходов при отнесении на измерители. 4. Непрозрачность отражения накладных расходов.
Возможности:	Угрозы:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Основа для совершенствования планирования затрат. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непокрытие расходов доходами. 2. Снижение качества бюджетирования расходов.

Рисунок 2 – SWOT-анализ методического подхода к формированию стоимости услуг

Ставка по аренде подвижного состава определяется на основании себестоимости оказываемых услуг из формы 7-у. Общий размер затрат делится на объем вагоно-ч рабочего парка.

Результаты расчетов ставок поданным 2011 года показали, что если бы базой ставок были расходы всего финансового года, то убыток дороги был значительно ниже.

Учет инфляционных процессов и изменений законодательства, на наш взгляд, может быть достигнут

(ИЦП) соответствующей продукции, за исключением «Амортизации» – индекс которой принимаем 1,00, так как при расчете ставок амортизация находится в составе накладных расходов. Отдельно необходимо обратить внимание на индекс для элемента «отчисления на социальные нужды». Помимо уровня повышения цен, он должен учитывать разницу между размерами социальных отчислений разных лет. К примеру, в 2010 г. уровень отчислений составлял 26% от затрат на оплату труда, а в 2011 – 34%, а в 2012 г. – 30,2%.

В экспериментальных расчетах определены ставки на 2012 год двумя способами: с применением единого индекса 1,06 и в соответствии с подходом дифференцированного индексирования. Во втором случае ставки выше, несмотря на то, что уменьшился норматив отчислений на социальные нужды.

В результате проведенных исследований сформулированы основные предложения по совершенствованию подхода к определению ставок на услуги, оказываемые пригородным пассажирским компаниям:

1 В качестве базы для определения первоначальных ставок необходимо использование данных о фактических затратах как минимум за год.

2 Для полного учета произошедших за предыдущие отчетные периоды изменения необходимо применение различных коэффициентов индексации для составных элементов ставок на оказание услуг.

3 При расчете ставок на услуги, оказываемые пригородным пассажирским компаниям, целесообразно на первом этапе учитывать только величину специфических расходов, а накладные подвергнуть тщательному анализу с учетом их релевантности с точки зрения оказания конкретных услуг.

4 Для обеспечения прозрачности затрат стоимость услуги по текущему ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава определять методом прямого счета, внедрив автоматизированную систему расчетов.

Предложенный подход позволит оптимизировать затраты и повысить обоснованность предъявляемых затрат и повысить эффективность деятельности пригородных пассажирских компаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *пригородный пассажирский комплекс, тарифы на пользование услугами инфраструктуры, единичные расходные ставки, коэффициенты индексации*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Лунина Татьяна Аркадьевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Аршба Людмила Николаевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА НАУКОЕМКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Красноярский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
«Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Д.В. Еремеев

THE MAIN FACTORS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE POTENTIAL OF SCIENCE-INTENSIVE ENTERPRISE
Krasnoyarsk institute of water transport, branch «Novosibirsk state academy of water transport»
D.V. Eremeev

Analysis of the main factors influencing the process of expansion of the innovative capacity of science-intensive enterprises. The scheme of interrelations stages of the product life cycle and phases of the innovation process at the enterprise

Keywords: innovation, innovative development and the reproduction of fixed assets, the space rocket industry

Проводится анализ основных факторов влияющих на процесс расширения инновационного потенциала наукоемкого предприятия. Предложена схема взаимосвязей стадий жизненного цикла продукта и этапов инновационного процесса на предприятии.

В современном мире, в условия резкого изменения окружающей бизнес среды предприятия и жесточайшей конкурентной борьбы, единственным условием выживания предприятия становится его инновационное развитие.

На современном этапе развития общества, необходимо отметить, что инновационный процесс – это достаточно сложное и противоречивое явление. С одной стороны, он подни-

мает уровень эффективности общественного производства и способствует сокращению затрат живого и прошлого труда при изготовлении продукции. С другой стороны, он увеличивает расходы прошлого и живого труда, связанные с разработкой и применением более дорогого производственного аппарата, созданием новых рабочих мест, использованием более квалифицированных специалистов. Его внедрение в практику деятельности предприятия требует довольно значительного времени для своего осуществления. Ежегодно происходят различные изменения в технологическом укладе, которые позволяют поставщикам более эффективно выполнять поставленные перед ними цели и задачи, реализовывать новые возможности и идеи, а так же существенно повышать как качество жизни в целом. Потребители выбирают новую продукцию и услуги из общего рыночного предложения, четко понимая серьезные преимущества инноваций перед устаревающими морально и технологически продуктами.

Анализируя различные источники [1-3, 5] можно сказать, что на сегодняшний день одной из главных проблем нашей страны является низкий уровень конкурентоспособности производимой продукции, её ориентированность на производство сырьевых продуктов. Поэтому важной задачей на ближайшие перспективы является достижение конкурентоспособности предприятий, в первую очередь наукоемких, через повышения их инновационной активности. Для достижения поставленной задачи необходимо комплексное воздействие с двух сторон. Во-первых, значительные усилия со стороны самого наукоемкого предприятия для наращивания и развития собственного инновационного потенциала. Во-вторых, со стороны государства, в виде поддержки инновационного климата в стране. Основные усилия государства должны быть направлены на:

- определение современных наукоемких технологий, которые можно внедрить на предприятиях Российской Федерации;
- выделение национальных приоритетов и последующее наращивание в них технологического преимущества в рамках инновационной политики государства;
- создание благоприятной среды эффективно внедрять высокие технологии;
- разработку и внедрение в деловую среду предприятий национальную инновационную систему;
- дальнейшее развитие технологической кооперации, идентификации систем обеспечения качества и сертификации с зарубежными партнерами;
- формирование экономической среды для диффузии инноваций среди российских предприятий, так и с зарубежными партнерами.

Для Российской Федерации важной проблемой, является низкая конкурентоспособность российской промышленности. Современные российские предприятия выпускают конкурентную продукцию, не пользующуюся спросом на мировом рынке, что подтверждается низким объемом экспорта продукции. В 2011 году доля экспорта по статье «Машины, оборудование и транспортные средства» составила 4,5% в объеме экспорта по стране [4]. И только наукоемкие предприятия, уровень конкурентоспособности которых выше, по сравнению с обычными предприятиями российской промышленности, могут реализовывать на мировом рынке продукцию, соответствующего качества, а зачастую и выше чем зарубежные аналоги. Конкурентоспособность наукоемкого предприятия определяется, в первую очередь конкурентоспособностью выпускаемой продукции, которая зависит от соотношения цена – качество и от большого числа конкурентных преимуществ, но главным параметром является качество выпускаемой продукции. Говоря о факторах конкурентоспособности наукоемкой продукции необходимо так же упомянуть о послепродажном обслуживании и о потребительских предпочтениях. Для потребителя одним из наиболее важных критериев выбора инновационной наукоемкой продукции является наличие гарантийного и послегарантийного обслуживания. Заказчики и потребители наукоемкой продукции начинают предъявлять все более высокие требования, как в отношении тактико-технических характеристик, так и в отношении организации процессов эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, материально-технического обеспечения в соответствии с нормами международных стандартов. При этом основное требование – минимизация затрат на послепродажных стадиях жизненного цикла.

Потребительские предпочтения так же играют важную роль в определении конкурентоспособности наукоемкой продукции. Так, например, предприятия, проводящие качественные и своевременные маркетинговые исследования, анализ потребностей и предпочтений потребителей находятся «на шаг впереди» своих конкурентов. Кроме того необходимо иметь в виду еще и то что с одной стороны потребности могут возникать спонтанно, а с другой сто-

роны потребности могут формироваться наукоемкими предприятиями целенаправленно. То есть потребители привыкают к чему-то одному и новую продукцию могут воспринимать как то отрицательно, а можно сформировать потребности так что потребитель, даже с самым консервативным вкусом откажется от устаревшего продукта и отдаст предпочтение новинке.

Для того чтобы быть лидером в своей области предприятие должно уделять повышенное внимание маркетингу новой продукции. Предприятие выбирает стратегию нововведения в области привлечения внимания потребителей на новых свойствах товара подчеркивая его преимущества перед аналогичной продукцией конкурентов. Однако, ужесточение конкурентной борьбы между предприятиями за внимание потребителя, постоянно требует улучшения качества и новизны выпускаемой продукции.

В такой ситуации время, приходящееся на жизненный цикл продукции (ЖЦП), постоянно сокращается. Наукоемкому предприятию, для того чтобы быть конкурентоспособным необходимо постоянно поддерживать процесс генерирования инновационных идей. Такой процесс зарождения инновационных идей и использование новых научных результатов может происходить только на предварительном этапе фундаментальных и прикладных исследований. Схематично взаимосвязь основных этапов инновационного процесса и ЖЦП представлены в виде последовательности на рисунке.

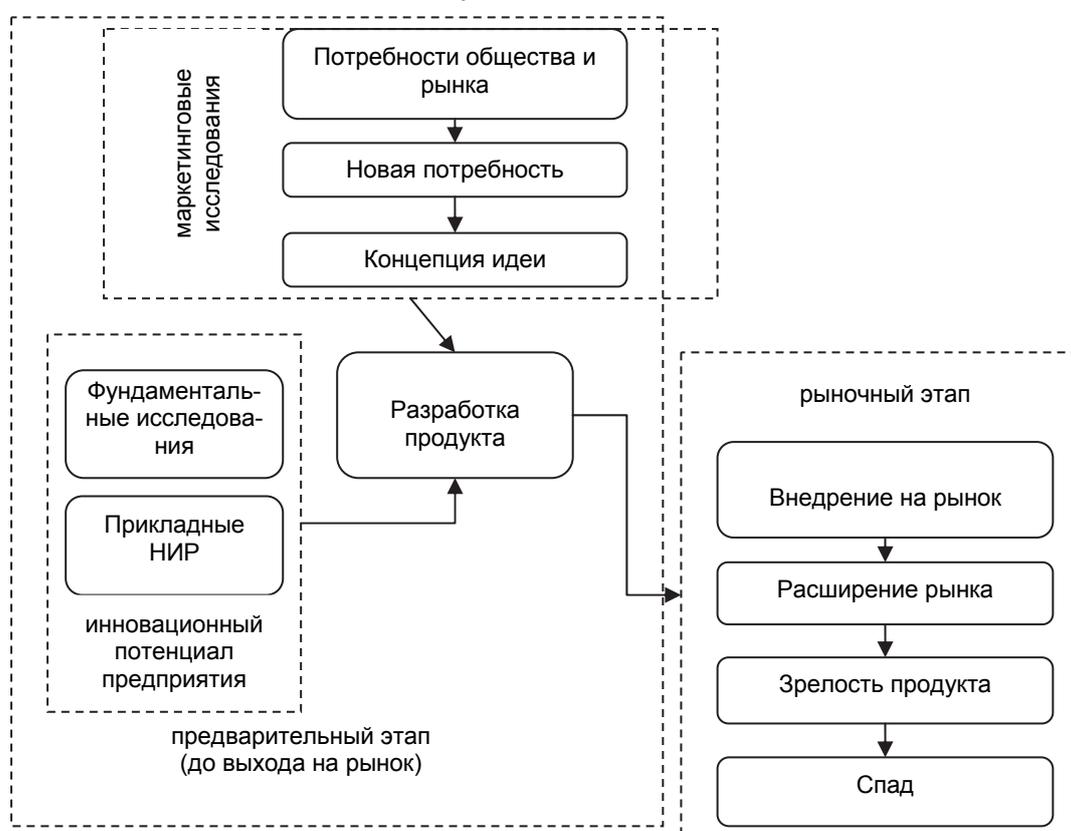


Рисунок – Взаимосвязь основных этапов инновационного процесса и жизненного цикла продукта

Одним из основных факторов, непосредственно повышающих конкурентоспособность выпускаемой продукции, является сокращение времени инновационного лага. Под инновационным лагом в данной статье понимается – период времени между появлением новшества и воплощением его в нововведение (инновацию) [6]. Хотя необходимо подчеркнуть, что в разных отраслях человеческой деятельности инновационный лаг различный. От увеличения скорости данного показателя зависит результативность всего процесса нововведения. Чем быстрее компания разработает новшество и введет его на рынок, тем ниже сроки окупаемости капиталовложений и выше полученные конкурентные преимущества. Наукоемкое предприятие может сократить время приходящееся на инновационный лага за счет увеличения и эффективного использования инновационного потенциала, то есть создание инноваций на фундаментальных исследованиях и прикладных НИР.

Основываясь на вышеизложенном, можно сказать, что для повышения конкурентоспособности продукции, предприятие должно развивать инновационный потенциал и иметь

возможность эффективно управлять данным процессом. Компании, обладающие достаточным инновационным потенциалом, способны своевременно защитить бизнес от возможных угроз со стороны внешней среды, обладают значительными конкурентными преимуществами, легче приспосабливаются к изменяющимся условиям хозяйствования.

В заключение хотело бы подчеркнуть, что создание необходимых условий для обеспечения развития инновационного потенциала произойдет только через повышение конкурентоспособности российских предприятий, в первую очередь наукоемких. Таким образом, данная проблема занимает сегодня ключевое место среди задач стоящих перед российскими предприятиями и государством, особенно с точки зрения получения конкурентных преимуществ в отрасли, внутри страны и в на международном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Беляков, Г.П. Исследование содержания понятия: техническое перевооружение, техническое переоснащение, модернизация / Г.П. Беляков, Д.В. Еремеев // Вестн. СибГАУ им. акад. Решетнева / под ред. Г.П. Белякова. -Красноярск, 2011. -Вып.3.
- 2 Еремеев, Д.В. Основные подходы к воспроизводству активной части основных фондов на наукоемком предприятии / Д.В. Еремеев, М.Ю. Лукичев // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 119-121.
- 3 Инновационный потенциал: современное состояние и перспективы развития: монография / В.Г. Матвейкин, С.И. Дворецкий, Л.В. Минько, В.П. Таров, Л.Н. Чайникова, О.И. Летунова. -М.: Машиностроение-1, 2007. -284 с.
- 4 Мониторинг о текущей ситуации в экономике Российской Федерации по итогам января 2012 г. [Электронный ресурс] / М-во экон. развития Рос. Федерации. -Режим доступа: http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/monitoring/doc20120224_03. -30.05.2012.
- 5 Переходов, В.Н. Основы управления инновационной деятельностью / В.Н. Переходов. -М.: ИНФРА-М, 2005. -222 с
- 6 Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: учеб. для вузов / Р.А. Фатхутдинов. -6-е изд. -СПб.: Питер, 2008. -448 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *инновации, инновационное развитие, воспроизводство основных фондов, ракетно-космическая отрасль*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Еремеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, доцент КИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *660025, г. Красноярск, пер. Якорный, 3, КИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА МЕТОДОМ ТРУДОЕМКОСТИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Т.А. Лунина, А.А. Прудников

THE ESTIMATION OF LABOUR PRODUCTIVITY FOR THE TRACK FACILITIES UNDER THE LABOUR EFFICIENCY APPROACH
«Siberian state transport university»
T.A. Lunina, A.A. Prudnikov

Application of the labour efficiency approach for the estimation of labour productivity enables to evaluate precisely the contribution of each employee, to identify the possibilities for labor costs reduction at the expense of achieving the best possible level of the sector's labour efficiency.

Keywords: labour efficiency, productivity, effectiveness, optimization

Применение метода трудоёмкости для расчета производительности труда позволяет наиболее точно оценить вклад каждого работника, выявить возможные резервы снижения затрат труда за счет достижения лучшего уровня трудоёмкости участка.

На железнодорожном транспорте одним из ключевых показателей оценки эффективности работы является производительность труда. Данному показателю посвящено множество работ исследователей XX века. В теории встречаются различные подходы по исчислению производительности труда. Одним из наиболее интересных, по нашему мнению, является расчет данного показателя методом трудоёмкости. Применение этого метода возможно для предприятий разных отраслей, исключением не является и железнодорожный транспорт. Благодаря высокой адаптивности метода трудоёмкости, его применение возможно для всех хозяйств и структурных подразделений железных дорог.

Идея применения трудового метода (с применением нормо-часов) для изучения производительности труда принадлежит академику С.Г. Струмилину, которая была им высказана 19 декабря 1918 года на Всероссийском съезде статистиков труда и промышленности. [1]

Опираясь на описанную этим автором методику, была сформирована модель оценки производительности труда путевого хозяйства.

В предлагаемой методике предусматривается определение фактической и нормативной трудоёмкости продукции по затратам труда всего производственного персонала по схеме

$$t_{\text{полн}} = t_{\text{техн}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{проч}},$$

где $t_{\text{полн}}$ – полная трудоёмкость продукции (затраты труда всего производственного персонала);

$t_{\text{техн}}$ – технологическая трудоёмкость продукции (затраты труда основных рабочих);

$t_{\text{обсл}}$ – трудоёмкость обслуживания производства (затраты труда всех вспомогательных промышленно-производственных рабочих);

$t_{\text{упр}}$ – трудоёмкость управления производством (затраты труда ИТР, служащих);

$t_{\text{проч}}$ – трудоёмкость прочих (затраты труда МОП, охраны, учеников).

Производительность труда этим методом определяется сначала по производственным участкам, затем по дистанциям пути и, наконец, по службе пути в целом. Для определения технологической трудоёмкости путевого хозяйства все обслуживаемые участки дистанций пути делятся по степени сложности, исходя из характеристик профиля пути, его верхнего строения, грузонапряженности и пр.

Технологическая трудоёмкость работ в целом по участку определяется:

$$t_j^{\text{техн}} = \sum_{i=1}^{q_j} t_i k_{1i} k_{2i} k_{3i} k_{4i} k_{5i} k_{6i} k_{7i},$$

где $t_j^{\text{техн}}$ – технологическая трудоёмкость обслуживаемого участка пути;

t_i – технологическая трудоёмкость одного километра пути;

q_j – протяженность обслуживаемого участка;

k_{1i} – поправочный коэффициент, учитывающий уклон прямого i -го километра;

k_{2i} – поправочный коэффициент, учитывающий максимальную скорость прямого i -го километра;

k_{3i} – поправочный коэффициент, учитывающий уклон кривого i -го километра;

k_{4i} – поправочный коэффициент, учитывающий максимальную скорость кривого i -го километра;

k_{5i} – поправочный коэффициент, учитывающий радиус кривого i -го километра;

k_{6i} – поправочный коэффициент, учитывающий количество стрелочных переводов кривого i -го километра;

k_{7i} – поправочный коэффициент, учитывающий количество стрелочных переводов прямого i -го километра.

Технологическая трудоёмкость работ в целом по дистанции пути определяется суммированием трудоёмкостей по участкам, то есть

$$t_{\text{пч}}^{\text{техн}} = \sum_{j=1}^n t_j^{\text{техн}},$$

где $t_{\text{пч}}^{\text{техн}}$ – технологическая трудоёмкость дистанции пути;

$t_j^{\text{техн}}$ – технологическая трудоёмкость j -го обслуживаемого участка пути;

n – количество обслуживаемых участков.

Фактические затраты труда большинства вспомогательных рабочих, служащих, специалистов и управленческого персонала определяются в целом по дистанции производством средних явочных человеко-дней по категориям персонала на установленную правительством среднюю продолжительность рабочего дня. Нормативные затраты труда этих работников можно рассчитать, умножая штатную численность на среднегодовой фонд рабочего времени с учетом отпуска и других причин отсутствия по уважительным причинам.

Затраты труда рабочих вспомогательных производств, которые непосредственно обслуживают каждый конкретный участок, относятся только на километровую работу конкретного участка.

Распределение затрат труда вспомогательных рабочих, работающих на весь полигон дистанции пути по участкам производится пропорционально технологической трудоёмкости по формуле

$$t_{\text{обсл}} = \frac{x_j t_j^{\text{техн}}}{100},$$

где $t_{\text{обсл}}$ – трудоёмкость обслуживания производства по j -ым участкам;

x – процентное соотношение распределяемой трудоёмкости обслуживания $\sum t_{\text{обсл}}$ к фактической (или нормативной) технологической трудоёмкости дистанции пути $\sum t_{\text{техн}}$.

Затраты труда специалистов, руководителей и служащих, а также прочих категорий производственного персонала, относятся на весь объём работ. При распределении общих для всех участков затрат труда по участкам можно применять следующие способы:

– по отношению развернутой длины конкретного участка пути к общей протяженности обслуживаемых путей.

– по соотношению технологической трудоёмкости каждого участка и общей технологической трудоёмкости дистанции.

Полученное значение умножается на отработанные рабочими данной категорией работников человеко-часы по сведениям табельного учета $T_{\text{таб}}$ и находятся затраты труда на обслуживание одного участка пути $T_i = T_{\text{таб}} d_i$.

Технологическая трудоёмкость службы пути определяется суммированием технологических трудоёмкостей по дистанциям пути и распределение затрат труда управленческого аппарата службы по дистанциям можно производить одним из вышеописанных способов.

В предлагаемой методике динамика производительности труда основных рабочих (индекс труда производственного персонала определяется) определяется по формуле

$$J_{\text{п.т.}} = \frac{\sum q_1 t_{\text{полн0}}}{\sum q_1 t_{\text{полн1}}}.$$

где $t_{\text{полн0}}, t_{\text{полн1}}$ – соответственно полная трудоёмкость продукции в базисном и текущем отчетном году (затраты труда всего производственного персонала);

$t_{\text{техн0}}, t_{\text{техн1}}$ – соответственно технологическая трудоёмкость продукции в базисном и текущем отчетном году;

$t_{\text{обсл0}}, t_{\text{обсл1}}$ – соответственно трудоёмкость обслуживания продукции в базисном и текущем отчетном году;

$t_{\text{упр0}}, t_{\text{упр1}}$ – соответственно трудоёмкость управления продукцией в базисном и текущем отчетном году;

q_1 – протяженность обслуживаемого участка в текущем году.

Предложенная методика позволяет оценить не только производительность труда, но и определить вклад каждого участка. Так же возможно выявлять значительные изменения на каждом участке и в каждой дистанции, для принятия оперативных управленческих решений, определить возможные резервы снижения затрат труда за счет достижения оптимального уровня трудоёмкости участка.

Рекомендованная методика обеспечивает несколько важных критериев для путевого хозяйства:

– сопоставимость условий и результатов работы структурного подразделения в базисном и текущем периодах;

– максимально возможное освобождение рассчитанного показателя от объективных и случайных факторов, влияющих на его величину;

– изменение производительности труда в любом структурном подразделении должно быть фактором однозначного изменения производительности труда в вышестоящем подразделении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Струмилин, С.Г. Проблемы экономики труда /С.Г. Струмилин. -М.: Наука, 1982. -470 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *трудоёмкость, производительность, эффективность, оптимизация*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Лунина Татьяна Аркадьевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Прудников Алексей Александрович, преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Бунеев**FEATURES OF MARKET RESEARCHES ON RIVER TRANSPORT**
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.M. Buneev

The article contain features of performance of market researches on river transport.

Keywords: river transport, market researches, features

Изложены особенности выполнения маркетинговых исследований на речном транспорте.

Маркетинговые исследования в теории и практике трактуется как экономически целесообразная социально-ориентированная познавательная деятельность, которую осуществляет экономический субъект для выработки и принятия эффективных управленческих решений [4, 5]. При этом важное значение имеет оценка своих способностей, их развитие и выявление возможностей создания новой, либо приумножение потребительской ценности товаров и услуг, с использованием для этих целей имеющихся ресурсов предприятия. В процессе маркетинговых исследований происходит извлечение и трансформация фактов в информацию, обеспечения снижения уровня неопределенности при принятии решений.

Особенности маркетинговых исследований на речном транспорте обусловлены спецификой функционирования и развития этой отрасли, ее ролью в транспортном обслуживании экономики и социальной сферы регионов, участием в экономических проектах развития производительных сил и общественного производства. В связи с этим отмечается пионерная роль речного транспорта в освоении новых территорий. Так было в средней полосе Западно-Сибирского региона при формировании нефтегазодобывающего комплекса, освоении Уренгойского и Ямбургского газовых месторождений. В настоящее время подобный сценарий в освоении газоносных месторождений на Ямале. Ведущее положение занимает речной транспорт в северном завозе грузов, районах Заполярья, Севера Красноярского края, Якутии и Дальнего Востока. Так, в общем грузообороте при завозе грузов на территорию Республики Саха (Якутия) доля речного транспорта составляет 40%.

Особенность транспортной системы Сибири по сравнению с европейской частью России состоит в неудовлетворительной обеспеченности территории. Плотность путей сообщения здесь составляет 127 км на 10 тыс. км² площади [3]. Водные пути представлены реками Обь, Енисей, Лена и Амур с притоками; морские – Северным морским путем; железнодорожные – Транссибом, БАМом и АЯМом; автомобильные – дороги с твердым покрытием.

Конкурентным преимуществом речного транспорта (совместно с морским) является использование естественных водных путей, пропускная способность которых практически не ограничена. Это позволяет организовать перевозки в обусловленные сроки и с минимальными единовременными затратами. Себестоимость перевозок по магистральным водным путям обычно ниже, чем по железным дорогам, а по нефтеналивным грузам – сопоставима с транспортировкой их по трубопроводам. Обращает на себя внимание структура перевозимых грузов речным транспортом. Здесь преобладают массовые грузы, такие как минерально-строительные, щебень, шлак, лесные, уголь и другие. В воднотранспортных бассейнах Сибири и Дальнего Востока они составляют порядка 65-80%.

Основным недостатком речного транспорта, снижающим его конкурентоспособность, является зависимость от природно-климатических условий: сезонность работы; естественное расположение водных путей ограничивает сферу деятельности, поскольку судоходные трассы не всегда соответствуют направлениям грузовых потоков.

Отрицательно влияют на конкурентоспособность речного транспорта и другие факторы. Основные из них: снижение объемов путевых работ из-за отсутствия средств в необходимом количестве приводит к уменьшению габаритов судового хода и ухудшению навигационных условий; неудовлетворительное техническое состояние флота и перегрузочных средств; снижение уровня обслуживания флота в пунктах обработки, в том числе КОФ; отсутствие в достаточном количестве средств на судоремонт и обновление флота. Все это приводит к снижению провозной способности флота, транспортных возможностей судоходных компаний

и увеличению себестоимости перевозок.

Учитывая вышеизложенное направленность маркетинговых исследований определена как эффективность функционирования отрасли и производственно-хозяйственной деятельности ее предприятий и конкурентоспособность. Достижение этих целей на отраслевом уровне возможна при решении следующих основных задач [1]:

- анализ размещения производительных сил и развития общественного производств региона, выявление тенденций и закономерностей с учетом влияния транспортного фактора;
- оценка спроса на рынке транспортных услуг и перспектив его развития под влиянием различных факторов;
- определение структуры перевозок и характеристик грузовых потоков, распределение их между видами транспорта;
- анализ и оценка сферы влияния речного транспорта, определение районов тяготения;
- установление общих тенденций и закономерностей функционирования речного транспорта;
- оценка транспортных возможностей субъектов речного транспорта и предложений на региональном рынке транспортных услуг;
- анализ эффективности использования речного транспорта в экономических проектах развития производительных сил и общественного производства региона, в хозяйственном освоении новых территорий.

Для достижения поставленных целей маркетинговых исследований на уровне субъектов отрасли определен следующий комплекс задач:

- анализ и оценка своих транспортных возможностей (провозной способности флота), а также конкурентов на рынке транспортных услуг;
- сегментирование рынка транспортных услуг и определение сферы интересов судоходной компании с учетом поведения конкурентов;
- разработка системы мероприятий по привлечению грузов и пассажиров, расширению сферы услуг;
- анализ и оценка уровня конкурентоспособности субъектов рынка транспортных услуг на основе изучения их возможностей и поведения;
- формирование системы конкурентных преимуществ судоходной компании.

В работе [2] изложены методические рекомендации по разработке такой системы. Предложено поэтапное решение задач в системе маркетинговых исследований. Один из этапов предусматривает оценка уровня конкурентоспособности транспортных услуг (перевозки). Определены индивидуальные показатели их качества, характеризующиеся комплексом соответствующих требований к организации транспортного процесса. Эти требования обязательны для выполнения всеми перевозчиками, иначе неизбежны потери и убытки в виде штрафов за некачественное выполнение перевозок, несохранности грузов и другие виды коммерческого брака.

Анализируя состав перевозимых грузов, техническое состояние флота и его структуру, перегрузочных и других средств операторов рынка транспортных услуг на речном транспорте следует отметить, что качество перевозок не может быть конкурентным преимуществом. В составе перевозок, как уже указывалось выше, преобладают массовые грузы, перевозка которых не является услугой высшего качества. Транспортные услуги осуществляются одними и теми же техническими средствами, доставшимися многочисленным перевозчикам после приватизации и акционирования речных пароходств.

Реально для судоходных компаний система конкурентных преимуществ может быть сформирована за счет комплекса задач, направленных на обеспечение эффективности производственно-хозяйственной и коммерческой деятельности, рентабельности грузовых и пассажирских перевозок. Можно выделить четыре блока таких задач:

- 1 Повышение эффективности использования имеющихся технических средств за счет снижения уровня эксплуатационных расходов;
- 2 Обеспечение высокой производительности труда, экономия имеющихся ресурсов, внедрение новой техники, передовой технологии и рациональной организации перевозок и перегрузочных работ;
- 3 Формирование рациональной тарифной политики, основанной на системе гибких и научно-обоснованных тарифах;
- 4 Выработка оптимальной стратегии поведения судоходной компании либо фирмы на

рынке транспортных услуг.

И так, при выполнении маркетинговых исследований на речном транспорте рекомендуется учитывать выше отмеченные особенности. Что касается планирования, содержания, методов и системы маркетинговой информации, то основой для них является теория и практика маркетинга, разработанные главным образом за рубежом [5]. Результаты маркетинговых исследований во многом зависят от адаптации их к условиям функционирования речного транспорта и его субъектов в воднотранспортных бассейнах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бунеев, В.М. Методические особенности анализа и оценки эффективности функционирования речного транспорта региона / В.М. Бунеев, Е.О. Выдрина // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 13-16.
- 2 Бунеев, В.М. Формирование системы конкурентных преимуществ судоходной компании / В.М. Бунеев // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2006. -№1. -С. 21-25.
- 3 Зачёсов, В.П. Проблемы водного транспорта Сибири / В.П. Зачёсов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 5-8.
- 4 Маслова, Т.Д. Маркетинг: учеб. для вузов / Т.Д. Маслова, С.Г. Божин, Л.Н. Ковалин. -3-е изд., перераб. и доп. -СПб.: Питер, 2008. -384 с.
- 5 Основы маркетинга: пер. с англ. / Ф. Котлер, Г. Армстронг, Д. Сандерс, В. Ванг. -2-е европ. изд. -М.; СПб.; Киев: Вильямс, 1999. -1152 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *речной транспорт, маркетинговые исследования, особенности*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Бунеев Виктор Михайлович, докт. экон. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ В ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ХАТАНГА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.П. Зачёсов

RIVER TRANSPORT IN THE DEVELOPMENT OF THE FIELD DIAMOND BASIN KHATANGA
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.P. Zachjosov

The scheme of importation of goods in the rural settlement Khatanga and identified a need for river boats.

Keywords: minerals, importation scheme, optimal types of vessels

Приводится схема завоза грузов в сельское поселение Хатанга, определена потребность во флоте.

На территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа образовано несколько поселений: с. Хатанга, пос. Носок, пгт. Диксон, с. Караул, пос. Волочанка и др. (всего десять поселений).

Сельское поселение Хатанги занимает территорию площадью в 336 тыс. км², где расположено 10 поселков, в каждом из которых проживает в среднем по 300 человек, в самой Хатанге – около пяти тысяч.

Территория сельского поселения Хатанги наименее изученный в геологическом отношении регион России. Несмотря на это база сырьевых ресурсов здесь оценивается как значительная. В недрах поселения содержатся цветные и черные металлы, сходные с норильским месторождением, медь, титан, полиметаллы, золото, железо, сурьма, бор, ртуть, каменный уголь, нефть, газ и др.

Ученые Сибирского отделения РАН рассказывают о крупнейшем в мире месторождении алмазов в Сибири (Ударное, Скалистое). Месторождение находится на границе Красноярского края и Якутии. Оно расположено в зоне метеоритного кратера возрастом около 40 млн. лет и диаметром около 100 км. Месторождение открыто советскими учеными в 1970-х годах (рисунок).

Ресурс месторождения превышает все разведанные на сегодняшний день мировые запасы алмазов и составляет триллионы карат (для сравнения разведанные запасы месторождений Якутии оценивают в миллиард карат).

Основное месторождение расположено в 300 км на востоке от пос. Хатанга, в так называемом Попигайском вулканическом кратере. От пос. Хатанга до объекта нет дорог, а реки

из-за мелководья в летнее время нельзя использовать для транспортировки грузов.

В период проведения геологических работ буровое оборудование, топливо и необходимые материалы доставлялись из пос. Хатанга санно-тракторным поездом на расстоянии 640 км по льду арктических рек до пос. Попигай, ближайший от месторождения населенный пункт.

Если оценивать потребление технических алмазов на современном этапе за единицу, то прогнозных ресурсов алмазов в районе Хатанги хватит всему миру на три тысячи лет.

По своим качествам алмазы, расположенные на этой территории, в два раза тверже обычных извлеченных из кимберленовых трубок.



Рисунок – Месторождения технических алмазов

Ученые связы-

вают природу этих алмазов с космическим происхождением, когда при падении метеорита на земную поверхность под высоким давлением и колоссальной температуре алмазы приобретают отличную от обычной структуру с повышенной твердостью. До определенного времени интерес к этим техническим алмазам не проявлялся по ряду причин. Основные из них следующие:

- месторождения находятся в труднодоступном районе, за пределами Северного полярного круга, на территории с низкой плотностью населения, в условиях полного отсутствия надежных путей сообщения;
- разработанная в последнее время технология производства искусственных алмазов отодвинула проблему освоения открытых месторождений;
- рассчитанная стоимость добычи алмазов на территории сельского поселения в бассейне реки Хатанги превышала затраты на производство искусственных алмазов.

В последнее время, по мере развития глубинного бурения нефтегазовых скважин, интерес к использованию технических алмазов поселения Хатанги существенно возрастает.

Обычно скважины бурятся на глубинах 7500-8000 м. Сверхглубинная скважина на Кольском полуострове, заложенная с чисто научными целями, достигает глубины 12500 м. (В южной части Германии пробурена скважина на глубину около 10000 м.). Бурение осуществляет разрушение горных пород тех отложений, через которые проходит скважина. В этом случае оборудование должно обеспечивать надежное бурение скважин требуемого диаметра на любой необходимой глубине.

При вращательном бурении проходка горных пород осуществляется тяжелой вращательной буровой колонной снабженной долотом, оборудованном техническими алмазами. Долото приходится менять по мере его износа, на что теряется значительное количество полезного времени. Использование технических алмазов Хатангского месторождения существенно сокращает длительную процедуру замены долота, за счёт повышенной твердости добываемых алмазов.

Для обустройства Хатангского месторождения и организации добычи алмазов необходимо значительное количество различных по номенклатуре грузов, которые необходимо завозить из других районов.

Опыт освоения Западно-Сибирского нефтегазового комплекса в конце 1960-х начале 1970-х годов показывает, что на 10 млн. т добытой нефти на территорию месторождения необходимо было завести 1 млн. т различных грузов. Аналогичная ситуация создается при освоении Хатангского месторождения, где нет никаких транспортных связей, кроме водных путей (рек Енисей, Лена, Хатанга, Анабар и Северного Морского Пути). Надеяться на то, что

в ближайшем обозримом периоде положение с транспортными связями в этом районе изменится проблематично, а обустройство и освоение месторождений будет осуществляться с использованием естественных транспортных путей.

Необходимое количество грузов может доставляться из пунктов Енисея (Красноярск, Лесосибирск) из пунктов Лены (Осетрово, Якутск) из Мурманска и Архангельска по СМП, а также каменный уголь с Колымы (Зырянка).

В ФБОУ ВПО «НГАВТ» в составе проблемы «северного завоза» грузов выполнены исследования по обоснованию схемы перевозок и использования транспортного флота для обустройства месторождения. При оценке альтернативных вариантов завоза грузов был выбран «Ленский» вариант исходя из следующего:

- расстояние по СМП от пос. Тикси до пос. Хатанга в 2,1 раза короче, чем от пос. Дудинки до пос. Хатанга;
- ледовая обстановка на СМП в районе Таймырского полуострова немного сложнее, чем на участке Тикси-Хатангского залив;
- ОАО «Ленское объединенное пароходство» имеет опыт организации и осуществления перевозок из пунктов реки Лена до порта Хатанга.

При завозе грузов в бассейн реки Хатанги флот ОАО «ЛОРП» проходит через три характерных участка водных путей с разными условиями плавания и периодом работы на этих участках: река Лена – от Якутска до Тикси; участок СМП – от Тикси до Хатангского залива и непосредственно по р. Хатанга.

Хатанга образуется слиянием рек Котуй и Хета, впадает в Хатангский залив – море Лаптевых. Длина непосредственно р. Хатанги 227 км (общая длина с притоком Котуй 1636 км). Река судоходна. Навигация в верховьях реки возможна только в период паводка, на расстоянии 800 км. В Хатангском заливе в конце августа-сентября начинаются штормы, движение судов в это время становится затруднительным.

В расчёт были введены все необходимые параметры по водным путям, периодам работы, пунктам отправления и назначения и характеристики транспортного флота (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики флота включенные в расчёт

№ проекта	Класс регистра	Грузоподъемность, т	Эффективная мощность, л.с.	Габаритные размеры, м			Скорость, км/ч		Вместимость, м ³
				длина	ширина	осадка	с полной загрузкой	порожнем	
1 Сухогрузные теплоходы									
1743	М	2100	1400	108,4	15,0	2,51	19,53	20,0	4370
292	М-СП	2100	1800	128,3	15,63	2,52	20,5	21,0	4812
Р-40 площадка	О	800	800	68,42	14,4	1,55	19,0	21,0	–
2 Танкеры									
Р-77	М (лед)	2150	1320	108,6	15,1	2,5	19,0	21,5	3010
621	М-СП(лед)	2100	1281	122,7	15,3	2,5	19,0	20,0	2743
866	О	600	300	65,5	9,6	1,87	14,5	17,0	675
3 Несамостоятельные сухогрузные									
16800	М (лед)	2550	–	84,9	17,5	2,55	–	–	–
942	Р	1000	–	66,25	14,0	1,58	–	–	–
562	Р	800	–	70,2	14,4	1,25	–	–	–
4 Несамостоятельные наливные									
81613	Р	1900	–	78,3	15,5	2,21	–	–	–
Р-27	Р	3000	–	111,2	20,5	8,1	–	–	–
5 Буксирные									
428	О	–	2000	45,46	11,98	2,0	–	23,0	–
Р-33	Р	–	600	33,84	8,0	1,08	–	18,0	–
Р-96	Р	–	300	21,8	5,3	0,67	–	6,5	–

Расчёт проводился с использованием экономико-математической модели линейного программирования известной в литературе [1].

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов (перевозка грузов из Якутии до пос. Хатанга)

Пункты		Род груза	Количество перевозок, тыс. т	Тип судна, состава	Потребность во флоте, ед.
отправления	назначения				
Якутск	Тикси	генгрузы	100,0	пр. 428+6×пр. 942	5,8
Тикси	устье р. Хатанга			пр. 1743	7,0
устье р. Хатанга	пос. Хатанга			пр. Р33+2×пр. 562	8,4
Якутск	Тикси	наливные	150,0	пр. 428+4×пр. Р-27	3,6
Тикси	устье р. Хатанга			пр. Р-77	3,2
устье р. Хатанга	пос. Хатанга			пр. 866	7,3

Исходя из приведенных результатов можно сделать следующий вывод:

– ОАО «ЛОРП» необходимо дополнительно к имеющемуся балансу флота при условии развития перевозок в бассейн реки Хатанги потребуется с учетом резерва флота для перевозки сухогрузов: теплоходы пр. 1743 – 8 единиц, баржи пр. 942 – 38,0 единиц, пр. 562 – 20 единиц при условии выполнения перевозок 100 тыс. т генеральных грузов и буксирные суда пр. 428 – 6 единиц и пр.Р-33 – 10 единиц.

– Для перевозки наливных грузов в количестве 150 тыс. т потребуется танкеров пр. Р-77 – 4 единицы, пр. 866 – 8 единиц, барж пр. Р-27 – 16 единиц и буксирных судов пр. 428 – 4 единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ларионов, С.А. Обоснованные схемы перевозок грузов в северные районы республики Саха (Якутия) / С.А. Ларионов, С.В. Бунташова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№1. -С. 55-58.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *полезные ископаемые, схемы завоза, оптимальные типы судов*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Зачёсов Венедикт Петрович, главный редактор журнала, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГавт»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГавт»*

СИСТЕМА ВОЗНАГРАЖДЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Ю.М. Буинцева

SYSTEM OF COMPENSATION FOR WORKERS OF LOCOMOTIVE CREWS IN FREIGHT TRAFFIC
 «Siberian state transport university»
 Ju.M. Buintseva

System of compensation for employees operating the locomotive depot is supposed to involve every employee in the solution of corporate problems by establishing a mechanism of material interest and responsibility of all employees in the company's performance.

Keywords: three levels of bonuses, a collective form of organization of labor

Система премирования работников эксплуатационных локомотивных депо предполагает вовлечение каждого работника в решение корпоративных задач путем создания механизма материальной заинтересованности и ответственности всех работников в результатах деятельности компании.

Стимулирование, основанное на оценке результатов труда работника создает необходимый эффект в непосредственной зависимости от его заслуг. Если системы стимулирования основываются на росте зарплаты вне зависимости от заслуг работника (машиниста-инструктора), то они фактически не дают результата. Руководители предприятий (локомотивных депо) в обязательном порядке должны учитывать это немаловажное условие, проводя оценку работы машиниста-инструктора на основе ежемесячных отчетов.

Для каждой локомотивной бригады вводится коэффициент качества труда (ККТ), который может меняться от 0 до 1,2. Размер премии к выплате каждому члену колонны (машинисту и его помощнику) может корректироваться с учетом ККТ путем умножения исходного размера премии на полученный ККТ по итогам работы за месяц, который образуется по сумме четырех оценочных показателей (таблица 1) и корректируется по ряду факторов (таблица 2).

При распределении премии из фонда заработной платы с применением ККТ ее размер

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

отдельным членам колонны максимальной величиной ставки не ограничивается (без увеличения суммы премии в целом по колонне). Главной целью управления вознаграждением труда работников локомотивных бригад является достижение коллективами колонн в обеспечение высокой надежности функционирования подвижного состава при безусловном высоком уровне безопасности движения поездов с наименьшими трудовыми и материальными затратами.

Таблица 1 – Факторы повышения (снижения) ККТ

Оценочные показатели	Единица измерения	ККТ(±)
Техническая скорость	каждые 0,5 км/ч	0,05
Выполнение производительности локомотива, т·км брутто	каждый процент перевыполнения	0,01
За каждый поезд, проведенный сдвоенным или по графику	поезд	0,05
Экономия электроэнергии	100 кВт	0,05
Бездефектная поездка (отсутствие брака, выполнение переронного времени хода, отсутствие задержки поездов из-за неисправности локомотива)	одна поездка	0,01

Таблица 2 – Факторы изменения ККТ

Факторы изменения ККТ	Единица измерения	Повышение «+» снижение «-»
Содержание электровоза в технически исправном и культурном состоянии	месяц	+0,1
Выполнение работ по перезаправке букс, устранению неисправностей локомотива и вагона, автотормозов в пути следования	–	+0,2
Добросовестное отношение к труду, проявление инициативы по эффективному использованию локомотива, экономии электроэнергии	–	+0,2
Нарушение ПТЭ, инструкций, положения о дисциплине работников железнодорожного транспорта, правил техники безопасности	каждый случай	-0,1
Порча локомотива, брак в эксплуатационной работе по вине локомотивной бригады	–	-0,5
Невыполнение указаний вышестоящих руководителей, нарушение трудовой дисциплины	–	-0,5
Несвоевременный выезд на контрольный пост	–	-0,1
Прогул и другие грубейшие нарушения	–	-1,0

Вознаграждение работников локомотивных бригад на основе оценки результатов труда производится за выполнение показателей, на которые должны ориентироваться работники локомотивных бригад (машинисты локомотивов и их помощники) с учетом степени влияния работников на их изменение. Если эта степень невелика, то даже при высоких размерах заработных плат и премий, предусмотренных условиями премирования за выполнение указанных показателей, эффективность такой системы будет невысокой.

Для обеспечения заинтересованности машинистов и помощников машинистов в росте объема перевозок нужно использовать поощрительное воздействие системы, стимулируя работников нарастающим размером премии в зависимости от выполнения основных и дополнительных показателей с учетом интенсивности труда. Эффективность такого поощрительного механизма тем больше, чем реальнее работники локомотивных бригад будут видеть свои возможности в достижении более высоких результатов труда.

В целях более эффективного использования подвижного состава, увеличения среднесуточного пробега локомотивов, технической скорости, других эксплуатационных показателей, совершенствования организации работы локомотивных бригад вводится коллективная форма стимулирования труда (коллектива колонны локомотивных бригад).

Колонна создается в соответствии с приказом начальника депо на принципе добровольности. Колонну возглавляет машинист-инструктор, который обязан:

- организовать своевременное и качественное выполнение производственных заданий, способствовать рациональной эксплуатации локомотивов, экономии топлива и электроэнергии

гии;

- своевременно доводить производственные задания до работников колонны;
- осуществлять контроль за соблюдением работниками бригад технологического процесса, требований ПТЭ и инструкций, предусмотренных организацией труда.

В соответствии с Положением о машинисте-инструкторе локомотивных бригад ОАО «РЖД» (указание №2193р от 20.11.2007 г.) максимальное количество локомотивных бригад в колонне для грузового движения – не более тридцати. На 01.01.2012 г. в депо Новосибирск по грузовому движению числилось 749 локомотивных бригад. Отсюда численность машинистов-инструкторов, а, следовательно, и колонн составила тридцать один.

Согласно Положению о корпоративной системе премирования работников эксплуатационного локомотивного депо Новосибирск утвержденным распоряжением начальника Западно-Сибирской железной дороги от 14 августа 2010 г. № 170р, для помощников машинистов и машинистов грузового движения используется ряд показателей и условий премирования.

Условия выплаты премии локомотивным бригадам грузового движения показаны на рисунке 1 и 2.



Рисунок 1 – Премирование помощника машиниста грузового движения

Система премирования предполагает три основных условия получения поощрения: отсутствие порч и брака в работе; выполнение объема перевозок и технической скорости. Кроме того, нужно отметить, что источником выплат премии является фонд оплаты труда, установленный в бюджете затрат, а премия выплачивается лишь в случае отсутствия перерасхода по фонду.

В условиях нестабильного уровня качества труда локомотивных бригад, а также отставания темпов роста производительности труда от динамики средней заработной платы необходимо уделить внимание вопросам мотивации основной категории работников эксплуатационного депо.

Так, при формировании бюджета затрат в части оплаты труда следует определить долю премии в структуре заработной платы бригад. Доля премии в 2010 г. составила 16% от фонда оплаты труда, а в 2011 году возросла на 2%. То есть доля премии в составе ФОТ не превышает его пятой части.

Насколько существенна такая система премирования в качестве элемента мотивации?

Главной целью Положения о корпоративной системе премирования работников эксплуатационного локомотивного депо Новосибирск является организация и вовлечение каждого работника в решение корпоративных задач путем создания механизма материальной

заинтересованности и ответственности всех работников в результатах деятельности компании.

Размер премии каждого работника поставлен в зависимость от состояния дел с безопасностью движения поездов и охраной труда, от основных результатов деятельности филиала (Дирекции тяги), структурного подразделения и индивидуального труда работника.



Рисунок 2 – Премирование машиниста грузового движения

Первые два уровня премирования зависят от результатов работы структурного подразделения или филиала в целом, а третий уровень – от индивидуального вклада работника или группы работников.

Также каждый работник имеет возможность для увеличения размера премии. Дополнительное премирование производится за рациональное использование материальных, топливно-энергетических ресурсов, сокращение расходов, внедрение новой техники, выполнение особо важных производственных заданий, реализацию проектов, в результате которых достигается экономический эффект (экономия затрат, дополнительный доход) и т.п.

При росте объемов перевозок и улучшении показателей к плановым параметрам размер премии также увеличивается.

В случае выявления производственных упущений в работе, ненадлежащего исполнения трудовых обязанностей, нарушения трудовой дисциплины, требований нормативных документов, наличия дисциплинарного взыскания размер премии снижается или премия не начисляется независимо от выполнения работником показателей премирования.

Принцип эффективности системы мотивации предполагает соизмерение величины эффекта и размера вознаграждения. Система эффективна, если эффект выше премии, так как определенная его часть направляется на развитие материально-технической базы и социальной сферы.

Насколько введенная в конце 2010 г. система мотивации работников сможет обеспечить улучшение результатов труда и повышение эффективности производства, можно будет судить после сопоставления производственных показателей за 3-5 полных лет.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трехуровневая система премирования, коллективная форма организации труда
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Буинцева Юлия Михайловна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ СИБИРИ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

И.А. Рагулин

SIBERIAN RIVER TRANSPORT IN THE TRANSITION PERIOD
«Novosibirsk state academy of water transport»
I.A. Ragulin

The state and prospects of development of river transport in Siberia.

Keywords: river transport, development prospects

Состояние и перспективы развития речного транспорта на территории Сибири.

Экономические реформы, проводимые в России, привели к резкому спаду производства, что оказало прямое влияние на работу транспорта. Общий объём перевозок грузов на внутренних водных путях сократился в 6 раз, а по отдельным судоходным компаниям Сибири – в 15 раз. Материально-техническая база пароходств оказалась востребованной частично: множество единиц флота выведено на холодный отстой, часть списана, продана или сдаётся в аренду, с перегрузочной техникой положение аналогичное.

Флот, находящийся в эксплуатации резко снизил свои производственные показатели. Производительность сухогрузного флота упала в 2-3 раза, буксирного – в 1,5 раза, основная причина состоит в том, что государственные бассейновые Управления пути и судоходства практически, из-за отсутствия должного финансирования, прекратили работы по поддержанию судоходных условий на внутренних водных путях (ВВП): не проводятся путевые работы по коренному улучшению ВВП, на ряде участков снята освещаемая судоходная обстановка (флот работает только в светлое время суток), реки приходят в естественное состояние.

На балансе речных предприятий и организаций Сибири имеются все виды флота: пассажирские, грузопассажирские, грузовые самоходные и несамоходные, буксирные, рейдово-маневровые и служебно-вспомогательные. Состояние речного флота на этой территории в современных условиях характеризуется следующими негативными тенденциями.

1 Активный износ флота, снижение экономической эффективности его использования и уровня безопасности плавания, возрастания экологической угрозы.

Рабочее ядро транспортного флота Сибири морально и физически устарело. Свыше 70% транспортных судов имеют срок службы более 20 лет, их технический и эксплуатационный уровень остаётся низким. Состояние транспортного флота подошло к критическому уровню. Значительная часть его эксплуатируется за пределами нормального срока службы, и эта часть неуклонно увеличивается. К 2015 г. без пополнения и обновления действующий транспортный флот Восточных бассейнов полностью выработает свой ресурс и должен быть заменен.

Как следствие, сложившегося положения с транспортным флотом, существенно ухудшаются показатели безопасности и экономической эффективности работы речного транспорта, растут ресурсоёмкость перевозок и транспортные издержки народного хозяйства. Рост себестоимости перевозок, в свою очередь, обуславливает повышение транспортных тарифов.

2 Отсутствие необходимых условий для пополнения и обновления флота, прекращение строительства транспортных судов для внутренних водных путей Восточных бассейнов.

Анализ финансового состояния большинства судоходных компаний Сибири показывает, что даже у компаний, занимающих ведущее место на рынке речных транспортных услуг, отсутствуют необходимые финансовые средства для обновления своего парка транспортных судов. Рентабельность работы предприятий остаётся крайне низкой.

Показатели по судостроению за время проведения экономических реформ претерпели существенные изменения. До 1990 г. динамика судостроения по всем показателям была положительная. За период с 1991 г. по 1999 г. количество построенного флота в целом по России сократилось в 5,6 раза, в том числе транспортного – 16,5 раза, вспомогательного — в 3 раза, пассажирского – в 11,8 раза. Положение в Восточных бассейнах с пополнением и обновлением флота за счёт нового судостроения аналогичное. Случаи строительства флота в бассейнах Сибири в последние годы единичны.

3 Несоответствие структуры транспортного флота структуре перевозок, которая складывается на современном этапе на рынке транспортных услуг. В бассейнах Сибири только 20% объёма перевозок грузов на малые и боковые быстро мелеющие реки осуществляются в малотоннажном флоте, остальные перевозки из-за хронической нехватки специальных судов для малых рек, выполняются в транзитных крупнотоннажных судах, непригодных для работ в стеснённых условиях и на мелководье. В результате этот флот используется с неполной загрузкой, низкими скоростями движения, высокой себестоимостью перевозок, частыми поломками корпуса и движительно-рулевого комплекса и как следствие после выполнения экспедиционного завоза грузов на малые реки этот флот в навигационный период вынужден становиться на ремонт.

Во всех бассейнах Сибири резко изменилось соотношение перевозок сухогрузов и налива в пользу последнего. В ряде пароходств перевозки нефтеналивных грузов по объёму приближаются или опережают перевозки сухогрузов (ОАО «Иртышское пароходство»). В таких судоходных компаниях ощущается острый недостаток наливного флота. Из нового судостроения, по известным причинам, такой флот не поступает, поэтому ведётся переоборудование сухогрузных судов, чаще кустарным способом (Иртыш, Лена).

4 Стремление судовладельцев к осуществлению судоходного бизнеса за рубежом с использованием судов смешанного «река-море» плавания (Япония, Китай, Корея, европейские, малоазиатские и африканские страны) в ущерб поддержанию и развитию перевозок по внутренним водным путям Сибири с выходом в море, а также обеспечению северного завоза грузов в Арктические и труднодоступные места северного и восточного побережья Восточной территории.

5 В отрасли нет транспортных средств, способных работать в условиях крайнего мелководья рек (с глубинами 0,5-0,8 м). В то же время современный этап развития производительных сил Сибири обуславливает дальнейший рост нагрузки именно на эти малые реки. Освоение таких малых рек потребует создания принципиально новых транспортных средств, способных успешно работать в этих условиях. Наличие таких средств значительно (в 2,5 раза) расширит границы использования малых рек, существенно приблизит транспортные пути к грузополучателям.

Особого внимания заслуживает вопрос использования в Сибири судов на воздушной подушке и экранопланов, способных круглогодично использовать почти всю речную сеть региона. Указанные тенденции приводят к снижению конкурентоспособности речных судоходных компаний и мобилизационной готовности речного флота на территории Сибири. Над устранением перечисленных негативных явлений должны работать учёные академии. Оценивая в целом работу внутреннего водного транспорта в обслуживании восточных территорий РФ на перспективу следует выделить его роль и значение отдельно на макроэкономическом и микроэкономическом уровнях развития.

В первом случае в процессе обновления транспортной политики России важное значение приобретают возрастающие транспортные связи между Европой и Азией, Соединёнными Штатами, Канадой и Европой, и, между Азиатско-Тихоокеанскими странами, участие России в этих связях и их, стремление внедрить в международную транспортную сеть дорожно-транспортный комплекс страны, ведутся разработки федеральной целевой программы «Развитие международных транспортных коридоров». Реализация этой программы позволит в будущем России занять достойное место в структуре международного регионального экономического сотрудничества.

Анализ перспектив развития транспортной системы показывает, что Россия постепенно включается в международную транспортную сеть, в основном за счёт использования дорожно-транспортного комплекса европейской части. В будущем, путём продления действующих транспортных коридоров в восточном направлении, организацией новых транспортных связей поставленная проблема может быть успешно решена путём активного развития транспорта на территории Сибири, где в настоящее время имеются опорная транспортная сеть в виде ТРАНССИБа, БАМа, Северного морского пути и речной транспортной системы. Речной транспорт в этой ситуации рассматривается как часть единой транспортной системы Сибири, которая постепенно интегрируется в систему международных транспортных коридоров (ТРАНССИБ, Северный Морской путь, воднотранспортная система Ангаро-Енисейского региона, Ленское направление, Обь-Иртышское направление).

Внутренние водные пути в этом случае становятся единственными транспортными связями в меридиональном направлении между транспортными «коридорами» через магист-

ральные системы Оби, Иртыша, Енисея и Лены. В местах пересечения железнодорожных и водных путей организуются воднотранспортные узлы в Омске, Тобольске, Салехарде, Сургуте, Новосибирске, Томске, Лесосибирске, Красноярске, Игарке, Дудинке, Иркутске, Осетрово, Ленске, Якутске и других узловых пунктах. В основном все эти порты готовы принять дополнительные объёмы грузов в смешанном сообщении, имеют опыт такой работы в доперестроечный период.

Во втором случае речной транспорт обеспечивает надёжную межрегиональную и внутрирегиональную транспортную связь, приоритетной задачей остаётся завоз грузов на Крайний Север и в малодоступные для других видов транспорта районы, расположенные в зоне тяготения малых рек.

По предварительным прогнозным оценкам перевозки грузов по внутренним водным путям Сибири к концу 2020 г. возрастут в 2,3-2,5 раза по сравнению с 1998 годом.

Стратегической задачей речного транспорта Сибири является интегрирование внутренних водных путей по существу в общую транспортную систему Восточных районов и России в целом, выход на мировой уровень по техническим параметрам и качеству реализуемых услуг.

В соответствии с этим учёные академии должны принять участие в решении стратегических задач, в части совершенствования основной деятельности речного транспорта. В частности:

- разработать пакет наиболее эффективных проектов программ участия речного транспорта в общей транспортной системе региона, используя достижения научно-технического прогресса на транспорте;

- обеспечить государственную поддержку наиболее значимых направлений развития речного транспорта;

- провести реконструкцию водных путей и гидротехнических сооружений, строительство новых нетрадиционных перевозочных и перегрузочных средств (СВП, экранопланы, непрерывные перегрузочные машины);

- обновить навигационные системы, используя новейшие достижения в области судоходства (спутниковые системы связи и мониторинга за движением материальных потоков и перевозочных средств);

- ввести в действие новые и модернизировать действующие перегрузочные комплексы в крупных воднотранспортных узлах, имея в виду обеспечить эффективное взаимодействие смежных видов транспорта, рассматривая эти комплексы в том числе как часть международных транспортных коридоров;

- существенно расширить сеть транспортных речных путей за счёт включения в хозяйственный оборот неосвоенных в транспортном отношении малых рек, обеспечив на этих реках эксплуатацию судов с осадкой менее 70 см;

- разработать сетку типов судов и перегрузочной техники для условий работы речного транспорта в рыночной экономике;

- обеспечить выполнение работ по поддержанию безопасных условий судоходства и безаварийной эксплуатации шлюзованных систем;

- разработать эффективную схему завоза грузов в районы крайнего севера с обоснованием новых транспортных средств способных обеспечивать доставку необходимых грузов потребителю.

Кроме этого в инновационной сфере приоритетными задачами для развития речного транспорта без особо крупных капитальных затрат и осуществляемых в приемлемые сроки выделяются следующие.

1 Комплексное исследование и решение конструктивных вопросов, обеспечивающих возможность подхода грузовых транспортных судов к местам выгрузки груза и выполнение погрузочно-разгрузочных работ без строительства дорогостоящих вертикальных причальных стенок.

Для этого необходима разработка новых конструктивных типов грузового несамоходного флота, способного причаливать носовой части непосредственно к простейшим береговым устройствам (или естественному берегу) и выгружаться (грузиться) на основе горизонтального способа с использованием обычных и широко распространённых тягачей, автокранов, конвейерно-транспортных линий и т.п.

2 Обустройство речных путей для целей судоходства на основе бережного сохранения экологии рек и принципа поддержания динамически устойчивого русла с минимальным

вмешательством в естественные процессы руслоформирования и максимальным использованием для транспортных целей не только глубины, но и ширины руслового потока. При необходимости выполнения дноуглубительных работ максимально сочетать их с потребностями добычи нерудных строительных материалов.

Отказ от гигантомании в части грузоподъёмности транспортных судов, так как увеличение единичной грузоподъёмности свыше 1500 т, как правило, для Сибири оказывается неэффективным. Повышение эффективности речного транспорта должно идти по пути наиболее полного учёта интересов и требований конкретных потребителей в части сроков и партионности доставки грузов, устранения потерь и порчи грузов, максимального освобождения клиентов от несвойственных ему функций, проблем и забот, связанных с транспортным обслуживанием, рациональной с позиции потребителей организации перевозок и коренного улучшения использования наиболее дорогостоящей части материально-технической базы - буксиров и толкачей.

4 Жёсткая типизация речных транспортных судов, в особенности несамоходного сухогрузного флота в пределах от 200 до 1500 т грузоподъёмности и ограничение их типоразмеров в количестве не более 4-5 конструктивных типов.

В настоящее время в России нет официальных прогнозных и проектных проработок на перспективу 2020 года по развитию производств и формированию транспортной системы, как в целом по стране, так и по её отдельным регионам и сферам хозяйственной деятельности. Локальные исследования, выполненные в разные годы, часто противоречивы и мало поддаются обобщению.

В то же время необходимость в подготовке таких масштабных проектов имеется. Особенно остро эта проблема встаёт в период развития рыночных отношений и вхождение России в международное сообщество, формирование международных транспортных коридоров. Примером постановки и решения проблемы может служить международная программа транспортной системы Енисей-Северный Морской путь [1].

В период децентрализации управления экономикой в рамках текущих рыночных преобразований особенно рельефно выступают проблемы человеческого фактора, экологии и духовного возрождения в общей системе развития хозяйственного комплекса страны. Реализация этих проблем наиболее вероятна на пути перехода общества на ноосферный путь развития, создания экономического и экологического пространства и мышления.

Такие исследования в последние годы получают широкое развитие, в том числе и на транспорте. Российской Академией естественных наук на базе Новосибирской Академии водного транспорта разработан проект комплексной системы «Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока». Проект предусматривает осуществить переход к ноосферному пути развития через вновь создаваемые региональные ноосферные промышленно-транспортные комплексы, представляющие собой совокупность технологических и экономически взаимосвязанных, с учётом ноосферы, производств, подчинённых разным ведомствам, сосредоточенным в регионе и использующих его ресурсы и единую инфраструктуру. Примером такого комплекса на территории Сибири является вновь создаваемый Томский ноосферно-транспортный комплекс, куда вошли 13 крупнейших объединений Томской области, в том числе все виды транспорта, Томскнефтепродукт, ВостокГазпром, строительный комплекс, департамент по строительству, энергетике, транспорту, связи, а также дорожному и лесному хозяйству, Мэрия г. Томска и другие организации.

Целью создания ноосферного промышленно-транспортного комплекса является преодоление ведомственной разобщённости производственных и транспортных предприятий на основе финансовой заинтересованности всех звеньев производства на пути достижения наибольшей эффективности в хозяйственном развитии региона.

Важнейшей составляющей этого развития является взаимодействие человека и природы. Открытие полезных ископаемых, освоение новых территорий, создание производств, организация хозяйственной деятельности неизбежно приводят к отрицательному влиянию на окружающую среду. Таким образом, одной из задач ноосферного развития общества является снижение или нейтрализация этого влияния, обеспечения гармоничного развития общества и природы.

Множество проблем ноосферного пути развития транспортных систем условно можно сгруппировать в два крупных направления.

1 Внедрение в работу транспорта достижений научно-технического прогресса на базе развития технических средств доставки грузов и пассажиров.

2 Совершенствование системы управления перевозками и работой транспортных и перегрузочных средств.

Первое направление, в основном связано с разработкой экологически чистых видов транспорта.

Второе направление на современном этапе более перспективно, и требует значительных капитальных вложений, реализуется в более короткие сроки, хотя эффект от внедрения организационных мероприятий, может быть существенным.

В настоящее время на внутренних водных путях на перевозках грузов работают сотни самостоятельных предприятий и организаций. Основной недостаток действующей системы состоит в том, что эти предприятия и организации разрознены между собой, работают обособленно, в тоже время часть проблем, которые возникают перед ними в силу целого ряда причин, они самостоятельно решить не могут – необходима кооперация.

Основываясь на анализе работы отрасли в целом и её отдельных подразделений можно констатировать, что процесс размежевания закончился, выявились его положительные и отрицательные стороны, последних оказалось значительно больше, наступает период интеграции разрозненных предприятий на качественно новой экономической основе. Такие идеи находят воплощение в отрасли и в отдельных регионах. В частности, на базе Томской судоходной компании, куда вошли 28 организаций и частных предприятий. Филиал берёт на себя все функции по организации взаимодействия и координации деятельности членов АПСРТ в границах бассейна.

Внедрение принципов логистики на транспорте неизбежно приводит к необходимости развития транспортно-экспедиторской деятельности. Конечная цель в развитии этой деятельности – разработка схемы организации смешанных перевозок под управлением единого органа (оператора перевозки, центра логистики и т.п.). Транспортно-экспедиторские структуры должны брать на себя выполнение всех функций, которые связаны с доставкой грузов от грузоотправителя до грузополучателя: организация перевозки различными видами транспорта, выбор оптимальной схемы доставки, обеспечение отправки грузов в начальном пункте маршрута и получения его в конечном пункте, осуществление проверки количества и состояния груза, погрузку и выгрузку, хранение на складах, оформление документов, отслеживание грузовых и финансовых потоков, связанных с доставкой и оплатой всех транспортных услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зачёсов, В.П. Реки Сибири в составе международных транспортных коридоров / В.П. Зачёсов, И.А. Рагулин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 9-13.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *речной транспорт, перспективы развития*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Рагулин Игорь Анатольевич, докт. техн. наук, профессор, президент ФБОУ ВПО «НГавТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГавТ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТА ТЕХНОЛОГИЗАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный университет экономики и управления»

Л.Ю. Шадрина

RESEARCH OF FEATURE OF COMMUNICATIONS IN THE ORGANIZATION AS OBJECT OF A TEKHNOLIGIZATSIYA «Novosibirsk State University of Economics and Management»
L.Yu. Shadrina

Article is devoted to research of effective communications and is considered in a wide context of a problem of quality of business communication in administrative activity. Communicative forms, satisfaction of employees by obratony communication in an oragnizatsiya are analyzed, the reasons causing a dissatisfaction with system of communication are systematized.

Keywords: managements of communications, information, communicative forms

Проведено исследование эффективных коммуникаций и рассмотрены в широком контексте проблемы качества делового общения в управленческой деятельности. Анализируются коммуникативные формы, удовлетворенность сотрудников обратной связью в организации, систематизируются причины, вызывающие неудовлетворенность системой коммуникации.

Хорошо налаженные коммуникации содействуют обеспечению организационной эффективности. При этом если организация эффективна в области коммуникации, она эффективна и во всех других видах деятельности. Каждый руководитель заинтересован в улучшении коммуникации. С ее помощью реализуются цели компании, проводятся новые идеи, мотивация, осуществляется контроль за поведением членов группы. Коммуникации необходимы для утверждения авторитета и воли руководителя.

Коммуникации – жизненно важное звено между руководителем и подчиненными, они являются инструментом внутрисистемной координации, помогают получать информацию на всех уровнях управления. Исследование системы коммуникации в шестом блоке анкеты позволит нам понять, какая роль отводится коммуникации в развитии организации как целостного организма [1, с. 252].

Оптимальное управление коммуникациями в организации возможно посредством социальной технологизации управленческого процесса, который определяется, прежде всего, через специфику информации (направленность информационных потоков; способ установления и поддержания контакта; степень организованности коммуникаций; уровень коммуникативного взаимодействия; стиль коммуникативного взаимодействия), коммуникационные формы, использующиеся для обмена информацией и обратной связи.

Данное положение получило проверку в эмпирическом исследовании. Базой исследования стали десять крупнейших предприятий по Сибирскому Федеральному округу (Республика Алтай, Алтайский край, Новосибирская, Томская и Тюменская области). Объектом исследования, является персонал крупного хозяйствующего предприятия, для этого был проведен крупномасштабный опрос 1852 сотрудника и 130 руководителей. Использовался двухступенчатый отбор. Способ размещения выборки – пропорциональный. Опрос производился по специально разработанным анкетам, в основе которых лежит новый способ социальной диагностики организации.

В данной статье мы остановимся только на изучении особенностей коммуникаций в организации как объекта социальной технологизации и выявим информационные «помехи» в коммуникативном взаимодействии на основании обобщенных данных по транспортным предприятиям:

- Новосибирский район водных путей, гидросооружений и судоходства, филиал ФГУ «Обское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства» (ФГУ «Обское ГБУВПиС»);
- Томский район водных путей и судоходства, филиал ФГУ «Обское ГБУВПиС»;
- Барнаульский район водных путей и судоходства, филиал ФГУ «Обское ГБУВПиС»;
- ЗАО «Автотранспортное предприятие»;
- ОАО «Томская судоходная компания».

Гипотеза: эффективные коммуникации способствуют повышению уровня удовлетворенности работников трудом, формированию чувства сопричастности к работе компании.

В ходе исследования выявлено, что 35% сотрудников и 30% руководителей полагают, что производственная и организационная информация распространяется строго централизованно и дозировано. 23% сотрудников и 30% руководителей считают, что работники хорошо информированы. Для 7% сотрудников доступ закрыт, 64% персонала затруднились ответить.

Исследование распространения информации и данных организации показало, что на предприятии информация распространяется по-разному:

- 24% руководителей полагают, что данные организации расцениваются как совместное знание, которое не следует выносить вовне;
- 24% руководителей (рисунок 1) – оцениваются и распространяются открыто (30% начальников отделов и заместителей считают так же);
- 19% сотрудников – строго контролируются и доступ к ним ограничен;
- 75% персонала затруднились ответить.

При ответе на вопрос: «Оцените, пожалуйста характер контактов между сотрудниками» 72% респондента отметили, что в основном сотрудники общаются открыто, 48% персонала считают, что работники контактируют формально и подчиняются правилам, 68% (сотрудники и руководители) не смогли оценить характер контактов.

В основном руководители регулярно общаются с подчиненными, говорят о положении дел в коллективе, о трудностях, которые предстоит преодолеть: так ответили 45% сотрудников (25% до 25 лет) и 37% руководителей.

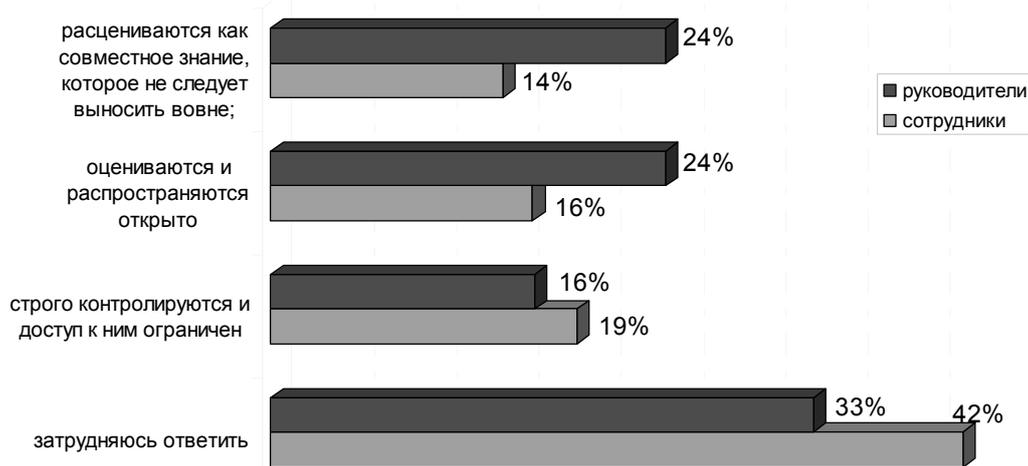


Рисунок 1 – Распространение информации и данных организации, %

Исследование коммуникационных форм, используемых для обмена текущей информацией между сотрудниками внутри подразделений и между самими подразделениями, показало, что получают информацию по-разному. В основном это:

- планерки (61% сотрудники и 67% руководители);
- деловые совещания (56% сотрудники и 58% руководители);
- прием по личным вопросам (39% сотрудники и 45% руководители);
- письменные предписания (34% сотрудники и 40% руководители).

Сотрудники с высшим образованием чаще всего проводят планерки (66%) и деловые совещания (64%), со средним образованием – чаще, чем с высшим, используют семинары, круглые столы, внутренние веб-сайты.

Сотрудники отмечают, что для них важными являются неформальные встречи, на которых работники могут поговорить с начальством напрямую (50%), и деловые совещания собрания (50%). При этом у них чаще проводятся планерки (67%). Системы обмена для сотрудников неважны (1%). Они и не используются.

Для руководителей неформальные встречи особого значения не имеют, им важны деловые совещания (57%). Неважны виртуальные собрания с использованием онлайн-платформ (9%).

Сотрудники (60%) и руководители (61%) удовлетворены обратной связью в организации. Не удовлетворены 22% и 38% соответственно рисунок 2.

Сотрудники называют следующие причины, вызывающие неудовлетворенность системой коммуникации:

- обсуждение актуальных проблем коллектива на совещаниях является поверхностным – 30%;
- просьба руководителя не отличается от приказа – 28%;
- общение руководителя с подчиненным представляет собой нечетко проработанный план решения проблем – 25%.

Наименьшее значение имеет то, что не используется прямое дублирование информации по разным информационным каналам (9%).

Выводы: в организациях есть информационные «помехи» в коммуникативном взаимодействии.

1 Информация на предприятиях распространяется по-разному, где-то открыто, а где-то строго централизованно и дозировано.

2 В основном сотрудники общаются открыто. Только часть работников контактирует формально и подчиняется правилам.

3 Как правило, руководители регулярно общаются с подчиненными, говорят о положении дел в коллективе, о трудностях, которые предстоит преодолеть.

4 Для руководителей информация более доступна и достоверна, чем для сотрудников.

5 Основные коммуникационные формы, используемые для обмена текущей информацией между сотрудниками внутри подразделений и между самими подразделениями, – это планерки, деловые совещания, прием по личным вопросам. Однако для сотрудников также важными являются неформальные встречи, на которых работники могут поговорить с на-

часть напрямую. Для руководителей данные встречи особого значения не имеют.

6 Большинство сотрудников и руководителей удовлетворены обратной связью в организации.

7 Часто обсуждение актуальных проблем коллектива на совещаниях является поверхностным, просьба руководителя не отличается от приказа, общение руководителя с подчиненным представляет собой нечетко проработанный план решения проблем.

8 Сотрудники удовлетворены межличностными взаимоотношениями с работниками, содержанием и оценкой работы. Не удовлетворены системой оплаты труда и возможностью профессионального роста. Руководителей в основном все устраивает.

Исследование, показало, что личные качества высшего руководства определяют качество культуры ведения бизнеса, качество ведения бизнеса, что, в свою очередь, оказывает влияние на формирование системы материального стимулирования, коммуникации, применение кадровых технологий. При этом система коммуникации является базой для установления способа мотивации персонала и определяется как личными качествами руководства, так и культурой управления организацией [2, с.133].

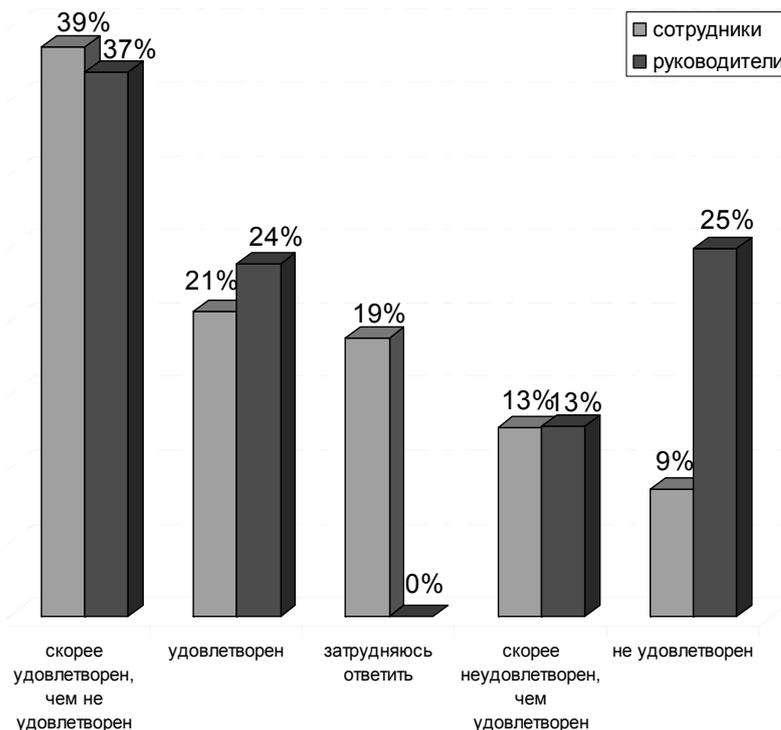


Рисунок 2 – Удовлетворенность обратной связью в организации, %

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шадрина, Л.Ю. Социальные технологии в системе управления: монография / Л.Ю. Шадрина. -Новосибирск: НГУЭУ, 2011. -375 с.
 2 Шадрина, Л.Ю. Формирование системы управления в контексте социального развития / Л.Ю. Шадрина // Международная заочная научно-практическая конференция «Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы», (Россия, Тамбов, 26 дек. 2011 г.) / М-во образования и науки Рос. Федерации. -Тамбов, 2012. -Ч.3. -С. 133-134.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: управления коммуникациями, информация, коммуникативные формы
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шадрина Любовь Юрьевна, канд. социол. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГУЭУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56, ФГБОУ ВПО «НГУЭУ»

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ЭТАПЫ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный университет экономики и управления»

Л.Ю. Шадрина

CONCEPTUAL MODEL OF SOCIOLOGICAL MONITORING: METHODOLOGICAL CRITERIA AND STAGES
 «Novosibirsk state university of economics and management»
 L.Yu. Shadrina

In with article actual approaches of technologies of monitoring research are considered, the author's model of the monitoring, allowing to carry out an assessment of social and institutional situation of the modern organization is developed.

Keywords: sociological monitoring, basic indicators, monitoring study

Рассмотрены актуальные подходы технологий мониторингового исследования, Разрабатывается авторская модель мониторинга, позволяющая осуществлять оценку социально-организационного положения современной организации.

Мониторинговое исследование предусматривает получение данных, которое можно использовать для определения уровня развития изучаемого объекта (процесса) с последующей корректировкой в желаемом направлении. Многие существующие в настоящее время подходы рассматривают мониторинг как универсальный вид исследования, безличный к предметному содержанию и научному направлению деятельности.

С.Г. Кузнецова представляет социологический мониторинг как системную совокупность регулярно повторяющихся исследований, цель которых состоит в научно-информационной помощи заинтересованным организациям в реализации социальных программ (то есть нацелена на сферу управления) [1, с.11]. А.Н. Майорова рассматривает мониторинг как технологию сбора, обработки, хранения и распространения информации..., ориентированной на информационное обеспечение управления, позволяющей судить о состоянии объекта в любой момент времени и дающий прогноз её развития [2, с.34].

И.А. Шкрабина считает, что в процессе мониторинга осуществляется наблюдение за некоторыми социально-экономическими параметрами, характеризующих состояние предприятия. Организация такого наблюдения по её мнению, способствует более эффективному выполнению управленческих функций руководителя [3, с.183].

Автор согласен с мнением С.Г. Кунецовой, что процедура проведения мониторингового исследования основывается на технологии научного исследования. В отличие от исследования научного характера которое предусматривает манипулирование показателями для выявления закономерностей процесса, проведение эксперимента, в мониторинге важна строгая фиксация данных, без вмешательства со стороны диагноста. Особое значение в мониторинговом исследовании приобретает соблюдение методики статистической обработки полученных данных, так как недостаточно надежные материалы приводят к ошибочным выводам, прогнозам, управленческим решениям, то есть дискредитируют сам факт проведения мониторингового исследования.

Возможности мониторинга в последние годы существенно расширяются, охватывая новые сферы, области и объекты. Возрастает значимость применения мониторинга и в социологии, мы считаем, что это один из наиболее эффективных способов «повторного» социологического исследования позволяющий целостно взглянуть на объект исследования, оценивая масштаб изменений и их влияния на социальную систему с одной стороны, с другой стороны создание базы данных, в результате анализа которой мы получаем информацию о тенденциях развития. Мы будем говорить о социологическом мониторинге, как о целостной системе показателей (сбора, обработки, накопления, измерения и анализа, анализа) отслеживание параметров социально-экономической системы, а также выявление особенностей взаимосвязи всех её составляющих с целью систематизации информации об объекте управления и прогнозирования возможных направлений его трансформации в транспортной отрасли. Исходя из данного определения, эффективность социологического мониторинга связана с правильной постановкой цели его проведения и использования его ресурсов.

Разработанный автором социологический мониторинг базируется на системной классификации социальных технологий и соответствующих показателях измерителях. Поскольку состав и номинальные характеристики социальных технологий меняются, мониторинг должен давать возможность накапливать сопоставимую информацию при пересмотре и корректировке структуры объекта управления (особенно актуально в крупных организациях, где часто происходит реорганизация, интеграция и т.д).

Разработка системы мониторинга начинается с формирования его концепции. При разработке концепции системы социологического мониторинга необходимо решить различные аспекты, связанные с определением объекта наблюдения, построение теоретической модели мониторинга, определение предмета и разработка инструментария для его проведения.

Мы исходим из того, что точкой мониторингового исследования является неудовлетворенность качеством имеющей информации (её объем, точность, актуальность, достоверность) для реализации оптимального управленческого воздействия, необходимой для получения нового знания о ситуации, которая бы позволяла бы строить прогноз.

В технологическом аспекте, любой социальный объект характеризуется наличием в нем людей, обладающих определенными интересами и предпочтениями, характерами и темпераментами, имеющие разную квалификацию, специальность, возраст, стаж работы и т.д. Они вступают во взаимодействие с друг с другом, формируя определенные связи и отношения. Именно появление людей в качестве элементов технологизируемого объекта заставляя

ет совершенно по иному ставить вопрос о социологическом мониторинге. Условия формирования объекта должны рассматриваться через восприятие сотрудников организации себя в ней, а также их поведения базирующегося на целях, представлениях, системы ценностей.

Комплексная авторская модель мониторинга в транспортной отрасли, позволит:

- узнать мнения респондентов о наличии и важности отдельных социальных проблем, затрудняющих работу организации;
- оценить результативность предпринимаемых руководством организации мер по разрешению существующих проблем и план мероприятий на прогнозируемый период;
- провести комплексную оценку социально-организационного положения организации на текущий момент и сформировать прогноз на перспективу.

Технология проведения социологического мониторинга состоит из следующих этапов.

Первый этап. Организационное, методическое и информационное обеспечение: определение целей и выделение объекта мониторинга; подготовка плана проведения исследования.

Нельзя не согласиться с тем, что социологический мониторинг имеет смысл в том случае, если позволяет постоянно сравнивать уже сделанное с поставленными целями и задачами и на основе этого сопоставления решать, какие шаги будут следующие для достижения организационной цели.

Поскольку мониторинг не является самоцелью, а выступает средством управления объектом, то цели социологического мониторинга определяются желаемым результатом или тем, для чего он проводится.

Основная цель социологического мониторинга в транспортной отрасли – оперативно и своевременно выявлять все изменения, происходящие в социально-трудовой сфере и прогнозирование будущих состояний для повышения лояльности персонала. Полученные объективные данные являются основанием для оптимизации управленческих решений.

Достижение цели мониторинга является неременным условием того, что управленческое воздействие будет адекватным ответом на «узкие» места в управлении.

Цель в свою очередь определяет технологию мониторинга, выбор основания для исследования, а также его реальные функции.

По сути, наш мониторинг будет представлять собой повторяющуюся диагностику состояния объекта и служить эффективным средством информационного обеспечения и сопровождения управленческой деятельности. Системный характер социологического мониторинга является важным условием его эффективности, то есть он должен проводиться не только периодически (квартал, полугодие, год), но и включать информацию об оценке работниками предприятия основных социальных технологий (таблица).

Таблица – Методические критерии социологического мониторинга в транспортной отрасли

Критерий социологического мониторинга	Характеристика
Цель проведения	Комплексная
Сфера применения	Социологическая
Инструмент	Анкета
Территория проведения	Частная (уровень организаций и предприятий)
Объект исследования	Персонал предприятия
Охват объекта наблюдения	Выборочный – во всей организации (охватывает сотрудников всех иерархических уровней – от руководителей до рабочих); в отдельных подразделениях (например, разработка оплаты труда сотрудников отдела продаж); для решения локальных задач
Предмет исследования	Регулирование социально-трудовых отношений посредством социальных технологий
Периодичность сбора мониторинговой информации	Один раз в полгода/год
Пути распространения мониторинговой информации	Общее собрание коллектива, корпоративные издания

Второй этап. Разработка методики и инструментария социологического мониторинга (перечень показателей и индикаторов, формы и метода сбора информации, методы обработки и анализа)

Система базовых индикаторов для социологического мониторинга в транспортной от-

расли, как минимум, должна включать следующие:

- удовлетворенность сотрудников работой;
- степень взаимодействия руководителя с подчиненными;
- удовлетворенность сотрудника своим моральным и материальным положением;
- самоопределение работника к труду;
- идентификацию личности с организацией – усвоение групповых норм и правил поведения, формирование и развитие приверженности;
- уровень сплоченности (основной показатель) – степень интеграции членов организации, основанная на общности целей и интересов;
- степень реальной информированности персонала об организации;
- наличие и эффективность систем обратной связи.

Базовый индикатор идентификации личности с организацией – усвоение групповых норм и правил поведения, формирование и развитие приверженности – является наиболее важным, так как является индикатором благополучия предприятия.

Вышеназванные индикаторы напрямую направлены на отслеживания и в дальнейшем на формирования программы развития лояльности, которая, по определению, носит долгосрочный характер. Изменения такого уровня не могут произойти быстрее, чем за 3-4 года. Поэтому важно ежегодно оценивать результаты работы и при необходимости вносить коррективы в планы.

Для формирования системы мониторинговых показателей необходимо для каждой социальной технологии разработать специальные бланки (анкеты или блоки в анкетах), позволяющие быстро собирать и фиксировать показатели. Анкеты мониторинговой отчетности должны быть стандартизированы.

Третий этап. Проведение исследования, обработка и анализ полученных результатов (в том числе написание отчетов).

Результатом социологического мониторинга в транспортной отрасли должны стать формирование перечня интересов и расстановка приоритетов в сфере обеспечения лояльности исследуемого социального объекта:

- информирование и вовлечение;
- командообразующие мероприятия;
- разработка объективной и прозрачной системы материального и нематериального стимулирования;
- улучшение условий работы;
- учет возможной нелояльности при подборе персонала.

Новая модель социологического мониторинга в транспортной отрасли, дает возможность получить первичную информацию, отвечающую требованиям надежности и воспроизводимости результата, устойчивости, валидности и репрезентативности.

Сравнивая тенденции с неким критическим барьером, можно выявить степень опасности состояния социально-трудовых отношений для организации или конкретного подразделения (филиала) либо даже в целом для общества (например, градообразующие предприятия в небольших городах, поселках).

Система предложенной модели мониторинга может быть адаптированная для предприятий любой отрасли и предполагает формирование и постоянное обновление единой базы данных для сосредоточения всей информации, об основных социальных технологиях используемые в системе управления. Наличие такой базы позволит иметь в любой момент полную картину работы организации по всем основным направлениям и значительно упростит работу руководителей по сбору, анализу необходимой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Организация мониторинговых исследований в образовательных учреждениях: науч.-метод. пособие / под ред. С.Г. Кузенковой. -Новокузнецк: Ин-т повышения квалификации, 2004. -108 с.
- 2 Майоров, А.Н. Мониторинг образования. Кн.1 / А.Н. Майоров. -СПб.: Образование-Культура, 1998. -344 с.
- 3 Шкрабина, И.А. О проблемах создания социально-экономического мониторинга промышленных предприятий / И.А. Шкрабина. -М.: Центр. экономико-мат. ин-т РАН, 1992. -204 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социологический мониторинг, базовые индикаторы, мониторинговое исследование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шадрина Любовь Юрьевна, канд. социол. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГУЭУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56, ФГБОУ ВПО «НГУЭУ»

О РАЗРАБОТКЕ И УТВЕРЖДЕНИИ НОРМ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ПО ВОДНЫМ ПУТЯМ

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

А.И. Телегин, А.О. Ничипорук, Н.В. Гончарова

ON THE DEVELOPMENT AND APPROVAL OF NORMS OF NATURAL LOSS MATERIAL VALUES DURING TRANSPORTATION ON WATERWAYS

«Volga state academy of water transport»
A.I. Telegin, A.O. Nichiporuk, N.V. Goncharova

In this article the problem of development, approval and application of the norms of natural loss. Recommendations are given for scientific research ensure the fulfilment of tasks to improve the quality of storage and transportation of cargoes on the example of the river transport.

Keywords: the norms of natural loss, the carriage of goods by inland waterway

Рассмотрена проблема разработки, утверждения, и применения норм естественной убыли. Даны рекомендации по научно-исследовательскому обеспечению выполнения задач по повышению качества хранения и транспортирования грузов на примере речного транспорта.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 ноября 2002 г. №814 был определен, по сути, новый порядок разработки и утверждения норм естественной убыли при хранении и транспортировании товарно-материальных ценностей (ТМЦ), чем действовал при социалистической экономике [1]. Этим постановлением Правительства Российской Федерации Министерство транспорта, его федеральные отраслевые транспортные агентства и институты были полностью отстранены от участия в разработке и согласовании норм естественной убыли товарно-материальных ценностей при их транспортировке (перевозке, перегрузке, перевалке). В соответствии с данным Постановлением нормы естественной убыли грузов, представленные специальными разделами в Правилах перевозок грузов на всех видах транспорта, утратили свою юридическую силу, должны быть убраны из Правил. Взамен их Министерству транспорта должны предоставляться новые нормы естественной убыли конкретных грузов для конкретных способов перевозки (навалом, наливом, в таре), не реже одного раза в 5 лет.

В настоящее время можно констатировать, что проблема разработки и утверждения новых норм естественной убыли грузов при транспортировании не решена. За 1991-2011 годы практически утверждено лишь несколько норм убыли, в том числе по зерну, цементу, а нужно утверждать ежегодно сотни норм.

Налаженная в 1970-1990 годы система разработки, согласования и утверждения норм естественной убыли грузов на всех видах транспорта разрушена:

- прекратили существование специализированные научные лаборатории (сектора лабораторий), где обеспечивалось моделирование процессов транспортирования грузов, с изменением условий и способов перевозки, перегрузки и перевалки, соответственно изучением процессов, причин потерь грузов и естественной убыли;

- не стали проводиться исследования по повышению сохранности грузов, поскольку государство перестало финансировать эти работы, а частные перевозчики и другие транспортные предприятия стараются принимать и сдавать груз без взвешивания, «за весом от правителя», им настоящая наука не нужна;

- транспортные предприятия, тем более частные, не заинтересованы в уменьшении жесточности норм естественной убыли, поскольку меньше возникает ответственности за сохранность груза.

Министерства и ведомства (производители соответствующей продукции), ответственные за разработку и утверждение норм естественной убыли, не в состоянии без Министерства транспорта обеспечить надлежащим образом и системно эту работу, так как для этого требуется:

- иметь научных специалистов по транспорту, способных организовать лабораторные работы с моделированием процессов транспортирования исследуемого груза (перевозка, перегрузка, перевалка);

– создать специальную научную базу со всем необходимым оборудованием и приборами, адекватными исследуемому грузу и протекающим процессам его потерь и естественной убыли при транспортировании;

– умение организовать опытные перевозки и натурные наблюдения на транспорте выборочным путем, но с получением количественных данных потерь и естественной убыли, объективно отражающих их в генеральной совокупности транспортирования исследуемого груза во всей отрасли;

– умение доказать, что предлагаемые новые нормы убыли, с одной стороны, выполнимы, а с другой стороны, прогрессивны и, следовательно, нацеливают транспортные предприятия на внедрение новой техники и передовой технологии перевозки, перегрузки и перевалки исследуемого груза.

Методические рекомендации по разработке норм естественной убыли Министерства экономического развития и торговли [2] не дают ясного представления о механизме разработки норм убыли конкретных грузов при их транспортировке, так как в них отсутствуют:

– механизм получения количественных размеров о естественной убыли грузов, поскольку отчетных достоверных данных на транспорте нет, так же как их нет в бухгалтерской отчетности грузополучателей;

– механизм проведения научно-исследовательских работ для получения размеров естественной убыли при транспортировании исследуемого груза, хотя нет другого пути получения необходимых данных;

– механизм взаимодействия Министерств и ведомств (производителей продукции) с Министерством транспорта (отраслевыми транспортными федеральными агентствами), регулирующим перевозку, перегрузку и перевалку всех грузов в транспортной сфере с учетом действующих нормативно-правовых актов (транспортных кодексов и уставов, Правил перевозок грузов и др.);

– механизм согласования (экспертизы) со стороны специалистов Министерства транспорта проектов норм естественной убыли при транспортировании исследуемого груза, разработанных в соответствующих Министерствах или ведомствах (производителей продукции).

Все эти и другие актуальные вопросы могут быть успешно решены, если разработкой и согласованием новых норм естественной убыли при транспортировании будут заниматься научные специалисты вузов Министерств и ведомств (производителей продукции) совместно с научными специалистами вузов Министерства транспорта (федеральных транспортных отраслевых агентств).

Для этого нужно создать постоянно действующую систему разработки и утверждения мероприятий по повышению качества и сохранности товарно-материальных ценностей, в том числе норм естественной убыли при хранении и транспортировке – специализированные научно-исследовательские центры на базе вузов министерств и ведомств (производителей продукции) и вузов Министерства транспорта Российской Федерации. Данные работы должны финансироваться за счет государственного бюджета, причем стабильно и целенаправленно.

Нормативно-правовой основой для создания такой системы являются следующие документы: Гражданский кодекс Российской Федерации; Транспортные кодексы и уставы; Транспортные стратегии Правительства Российской Федерации на пять и более лет; Планы бюджетов Российской Федерации на один-три года.

Конкретные требования к качеству транспортирования грузов отражены в Правилах перевозок грузов, национальных стандартах, технических условиях на продукцию.

Министерство экономического развития и торговли совместно с Министерствами и ведомствами (производителями продукции) и Министерством транспорта Российской Федерации определяет базовые государственные вузы и своим распоряжением обязывает создать при них Научные центры качества транспортирования и хранения (НЦКТХ) товарно-материальных ценностей (с подчинением как вузу, так и министерству или ведомству-производителю продукции), специализировав их по определенным видам продукции. Одновременно определяются базовые государственные транспортные вузы, где создаются Научные центры качества транспортирования (НЦКТ) грузов, специализировав их по транспортным отраслям и группам однородных грузов (навалом, наливом, опасные, в таре и др.).

Основные обязательные научные функции НЦКТХ и НЦКТ:

– постоянный анализ состояния качества хранения и транспортирования закрепленных

за Центром наименований ТМЦ (грузов, закрепленных за Центром);

– изучение зарубежного прогрессивного опыта хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– изучение отечественного прогрессивного опыта хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– содержание и актуализация банка нормативно-правовых документов, регламентирующих условия и правила хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– выпуск сборников (информационных листов), популяризирующих прогрессивный опыт повышения качества хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– выдача научных рекомендаций соответствующему Министерству (ведомству) о совершенствовании нормативно-правовых документов, регламентирующих вопросы обеспечения качества хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– экспертиза любых проектов нормативно-правовых документов, регламентирующих вопросы качества хранения и транспортирования ТМЦ (грузов), поступающих от соответствующего Министерства (ведомства) – технических регламентов, национальных стандартов, транспортных кодексов и уставов, Правил перевозок и др.

Эту работу должен обеспечивать штатный состав научных сотрудников за счет государственного бюджетного финансирования от соответствующего Министерства или ведомства.

Кроме того, указанные НЦКТХ по ежегодным контрактам должны иметь возможность выполнять следующие исследования:

– участие в разработке соответствующих нормативно-правовых документов, регламентирующих вопросы качества хранения и транспортирования ТМЦ (грузов, закрепленных за Центром);

– участие в проведении опытных перевозок и натурных наблюдений по разработке новых технологий и внедрении новых технических средств и способов, обеспечивающих повышение качества хранения и транспортирования ТМЦ (грузов);

– участие в разработке новых норм естественной убыли хранения и транспортирования ТМЦ (грузов) и др.

Эта научная работа должна финансироваться в основном за счет государственного бюджета соответствующего Министерства (ведомства), а также могут быть привлечены частные инвесторы. Для её выполнения могут привлекаться преподаватели, аспиранты и студенты вуза на хозяйственной основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О порядке утверждения норм естественной убыли при хранении и транспортировке товарно-материальных ценностей: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 нояб. 2002 г. №814.

2 Методические рекомендации по разработке норм естественной убыли: приказ М-ва экон. развития и торговли Рос. Федерации от 31 марта 2003 г. №95.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нормы естественной убыли, перевозки грузов внутренним водным транспортом*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Телегин Анатолий Иванович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

Ничипорук Андрей Олегович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

Гончарова Наталья Владимировна, аспирант ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПРОГНОЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И РАЗВИТИЕ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОСРЕДСТВОМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

К.В. Каталымова, Д.В. Пингасов

FORECAST TRAFFIC FLOWS AND THE DEVELOPMENT OF THE ROAD NETWORK THROUGH PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

«Siberian state transport university»

K.V. Katalimova, D.V. Pingasov

The mechanism of prediction of traffic and public-private partnership in the implementation of the pilot project of the road. The structure of the contractual relationships public-private partnership (PPP) areas of design, construction and operation of the road. Scenarios evaluated the project. The efficacy of the PPP.

Keywords: road, forecasting, project, public-private partnership scenario

Обсуждается механизм прогнозирования транспортных потоков и государственно-частного партнерства в реализации пилотного проекта автомобильной дороги. Предложена структура договорных связей ГЧП Области на проектирование, строительство и эксплуатацию автодороги. Оцениваются сценарии реализации проекта. Дана оценка эффективности ГЧП.

Развитие сети автомобильных дорог базируется на их социальной значимости и оценке транспортных потоков. Исследованию транспортных потоков посвящен ряд работ [1, 2]. В них изложены закономерности интенсивностей движения транспортных средств, пропускной способности автомобильных дорог и методы моделирования транспортных потоков.

Прогнозирование транспортных потоков, как правило, осуществляется путем их моделирования на транспортных сетях. В качестве исходных данных выступают следующие параметры:

– данные о пользователях дорог – демографические показатели; уровень доходов на душу населения и данные анализа выгод пользователей (экономия времени и др.); количество автовладельцев (уровень автомобилизации населения); данные анализа отправных пунктов и пунктов назначения по маршрутам следования автомобилистов; и макроэкономические показатели, влияющие на деловую активность;

– данные о сети автодорог – о времени, затрачиваемом на поездку по существующей сети автодорог, и предоставляемых услугах; о конфигурации существующей сети автодорог; о будущих изменениях в сети автодорог и строительстве объектов.

Качество модели прогнозирования транспортных потоков обеспечивается качеством и надежностью указанных выше данных. Результаты моделирования играют ключевую роль в процессе принятия решений об условиях предоставления финансирования финансовыми организациями. При построении прогнозов всегда присутствует некоторая неопределенность и риски: а) отвергнуть результаты точного прогноза; б) принять ошибочный прогноз. И тот и другой вариант могут существенным образом повлиять на стратегию развития сети автомобильных дорог.

Приведем результаты исследований оценки прогноза транспортных потоков по Новосибирской области, перспектив развития сети территориальных дорог и потенциальных возможностей реализации ГЧП.

В первом приближении можно принять рост коэффициента увеличения интенсивности движения при среднегодовых темпах роста в 5% для дорог Новосибирской агломерации и 3% для других дорог.

В рамках сделанных выше предположений интенсивность движения по ключевым дорогам Новосибирской агломерации к 2025 г. увеличится по сравнению с показателями 2009 г. примерно в 1,8 раза, а на дорогах агломерации Куйбышев-Барабинск – почти вдвое.

Такие темпы роста интенсивности движения будут означать возникновение новых требований к ключевым территориальным дорогам.

Развитие территориальных дорог Новосибирской области предусматривает создание новых маршрутов путем строительства новых, реконструкции или достройки действующих дорог.

Реализация перспективной схемы развития сети автомобильных дорог НСО потребует значительных инвестиций. Эффективность реализации проектов будет определяться наряду с экономическими критериями (минимум затрат) техническими и организационно-технологическими решениями на стадиях проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог. В этих условиях актуальной является оценка целесообразности государственно-частного партнерства (ГЧП). Государственно-частному партнерству в различных отраслях хозяйственной деятельности посвящено достаточно много исследований [3-5]. Однако, до настоящего времени в российском формальном гражданском праве отсутствует понятие ГЧП. Большинство исследователей сходятся во мнении, что это не столько правовое, сколько экономическое понятие. На практике в рамках ГЧП наиболее часто заключаются концессионные соглашения, договоры аренды земельных участков, договоры о развитии застроенной территории, инвестиционные соглашения, опирающиеся на основные наиболее применимые законы: ФЗ «О концессионных соглашениях», «Об инвестиционной деятельности, осуществляемой в форме капитальных вложений», «Об иностранных инвестициях». Формирование законодательных основ ГЧП ведется в настоящее время на региональном уровне. Наиболее полным и удачным признается самый первый из региональных законов: Закон Санкт-Петербурга от 25.12.2006 г. «Об участии Санкт-

Петербурга в ГЧП». Законодательному собранию Новосибирской области предложен проект закона «О государственно-частном партнёрстве в Новосибирской области». Вместе с тем, проведённый в рамках подготовки проекта закона круглый стол с участием крупнейших банков Новосибирской области, то есть – потенциальных инвесторов проектов ГЧП, показал их неготовность к финансированию проектов ГЧП на его условиях.

Рассмотрим пилотный проект региона, который является частью региональной программы «Развитие автомобильных дорог в Новосибирской области в 2011-2013 гг.» (от 20.09.2011 г. №26). Проект включает в себя строительство автомобильной дороги в Новосибирской области. Общая длина дороги, строительство которой предполагается на основе механизма ГЧП, составляет 16 км. Количество полос в каждом направлении – 1. Капитальные затраты Проекта – 875 млн. руб. в ценах 2011 г. Период строительства – 1,5 года, срок соглашения – 12 лет.

Участок дороги Кирза-Спирино протяженностью 9 км, финансируемый за счет средств регионального бюджета сдан в эксплуатацию в 2011 г. Выполненный нами анализ механизма реализации этого проекта (Государственный заказ) позволил выявить следующие преимущества: выплаты производились после завершения строительства; осуществлялся полный контроль за реализацией Проекта. В качестве недостатков установлено следующее:

- государство несет основную часть рисков по Проекту;
- у подрядчика нет дополнительных стимулов для снижения затрат по Проекту и оптимизации планирования, строительства и эксплуатации;
- возможно, низкое качество дороги в случае недостаточного финансирования из бюджета эксплуатационных работ;
- необходимость проведения отдельных тендеров на строительство и эксплуатацию, что приводит к затруднениям при контроле качества строительства и эксплуатации;
- негибкие методы принятия и использования инновационных решений;
- отсутствие генеральной цели государственного и частного секторов.

Следующий 16-ти километровый участок Спирино-Антоново планируется к реализации через механизм Государственно-Частного Партнерства (ГЧП).

Реализация проекта возможна на основе следующей законодательной базы:

- ФЗ от 25.02.1999 г. «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений»;
- Закон об основах государственно-частного партнерства в Новосибирской области;
- ФЗ от 21.07.2005 г. №115-ФЗ «О концессионных соглашениях».

Механизм платежей основывается на ФЗ от 8.11.2007 г. №257 «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В рамках Проекта возможно использование платежа за эксплуатационную готовность.

Нами разработаны пять сценариев реализации Проекта:

- 1 Базовый сценарий по модели 1 (Государственный заказ);
- 2 За реализацию проекта устанавливается грант в сумме 30% от его стоимости;
- 3 Стоимость Проекта устанавливается суммой капитальных затрат (CAPEX), увеличенных на 20%;
- 4 Стоимость Проекта устанавливается суммой капитальных затрат (CAPEX), увеличенных на 20%. Но, в эту стоимость включен 30% грант;
- 5 Финансирование Проекта осуществляется за счет долгосрочного кредита (старший долг) в размере 80% от стоимости Проекта, кредита акционеров (11%), акционерного капитала (9%).

В таблице 1 приведены расчеты индексов рентабельности по предлагаемым сценариям, сроки окупаемости и суммы платежей.

Нами ожидаются следующие преимущества ГЧП:

- а) возможность софинансирования со стороны государственного и частного секторов;
- б) гибкость при определении критериев конкурса и оценки предложений;
- в) часть рисков Проекта передается частному сектору, который гарантирует более сбалансированный подход к распределению и управлению рисками;
- г) ГЧП соглашение включает в себя стандарты качества, за несоблюдение которых инвестору устанавливаются штрафные санкции. Это позволяет обеспечить:
 - лучший контроль за качеством автомобильной дороги;
 - снизить риск задержки строительства и переложить его на частный сектор;

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

- установить гибкий механизм платежей. Платежи осуществляются только тогда, когда автомобильная дорога готова к эксплуатации, а также платежи распределяются на весь период соглашения;
- прогнозировать денежные потоки, что позволяет государству лучше планировать свои затраты, а также использовать государственные средства на реализацию других проектов;
- использовать инновационные решения частного сектора.

Таблица 1 – Сценарии реализации проекта

Наименование показателя	Базовый сценарий	Грант 30%	CAPEX+20%	CAPEX+20%, Грант 30%	Старший долг 7 лет
Индекс рентабельности (IRR):					
– проекта (номинальный)	16%	16%	16%	16%	24%
– проекта (реальный)	10%	10%	10%	10%	18%
– для акционеров (номинальный)	20%	20%	20%	20%	35%
– для акционеров (реальный)	14%	14%	14%	14%	28%
Дата окупаемости проекта	31.03.2018	31.03.2018	31.03.2018	31.03.2018	31.03.2017
Дата окупаемости проекта с учетом дисконтирования	30.09.2020	30.09.2020	30.09.2020	30.09.2020	31.03.2018
DSCR (средний)	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Дата выплаты старшего долга	31.03.2022	31.03.2022	31.03.2022	31.03.2022	3.03.2019
Сумма платежей (без гранта) за первый год, тыс. руб.	281181	209434	322604	213370	379801
Грант, тыс. руб. (в ценах на дату расчета)	нет	263286	нет	424591	нет
Сумма гарантий от государства на конец строительства тыс. руб. (в ценах на дату расчета)	752390	526441	899219	538908	797207
Сумма платежей от государства тыс. руб. (в ценах на дату расчета)	1477358	1365257	1691190	1540548	1914363

Вместе с тем, мы видим ряд недостатков реализации этого проекта по модели ГЧП. Это – «скрытый» долг – данный механизм может скрыть истинное значение долга, который государство берет на себя; сложность подготовки Проекта; высокие транзакционные издержки; длительная процедура проведения тендера.

Применительно к строительству автодороги НСО нами разработана структура Проекта, суть которой сводится к следующему.

Для реализации проекта инвестором создается отдельная проектная компания для ограничения юридических рисков и прозрачности денежных потоков для участников, в частности, банков. Область и Проектная компания инвестора заключают комплексный Договор на строительство, аренду и эксплуатацию дороги.

Таблица 2 – Основные результаты моделирования Проекта

Наименование показателя	Численные значения
Капитальные затраты (CAPEX)	877 621 тыс. руб.
Срок строительства	2 года
Срок соглашения	12 лет
Длина трассы	16 км
OPEX (в сумме за 11 лет эксплуатации)	57 341 тыс. руб.

Проектная компания привлекает кредитное финансирование для осуществления строительства. Область может предоставлять государственные гарантии исполнения Проектной компанией долговых обязательств перед Банком. По требованию Банка возможно заключение Проектной компанией договора страхования. Проектная компания привлекает субподрядчиков для строительства дороги. Возможно привлечение отдельных субподрядчиков по различным видам работ (если финансирование будет получено в разрезе отдельных работ). После завершения строительства регистрируется право государственной собственности на дорогу. Дорога предоставляется Проектной компании в аренду (в частности, для целей обеспечения исполнения обязательств перед Банком). Инвестор оказывает Области услуги по поддержанию автодороги в состоянии эксплуатационной готовности. В период эксплуатации автодороги Область выплачивает Инвестору платежи за эксплуатационную готовность.

Основные результаты финансового моделирования этапов Проекта приведены в таблице 2.

Выводы:

1 При выборе механизма реализации Проекта необходимо учитывать его размер и тип. Не каждый проект может принести лучшую эффективность при его реализации посредством ГЧП при сравнении его с государственным заказом. У государственного заказа существуют свои преимущества и недостатки.

2 Проект строительства автомобильной дороги на территории НСО может быть реализован посредством государственного заказа или механизма ГЧП. Оптимальная структура проекта должна быть определена на основе проведения финансового, налогового и юридического анализа.

3 Успех Проекта ГЧП для государства зависит от опыта инвесторов и наличия финансирования. Государство должно стремиться к минимизации тех рисков, которые оно не может принять при разумных издержках. Государство должно максимизировать конкуренцию и внутреннюю норму доходности Проекта, качество и эффективность.

4 В условиях экономического кризиса существует недостаток долгосрочного рынка финансирования иностранными банками и фондами в России. Тем не менее, ликвидность финансового рынка обеспечивает возможность привлечения финансирования для реализации проектов ГЧП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Белый, О.В. О стратегии развития транспорта до 2030 года / О.В. Белый // Трансп. Рос. Федерации. -2009. -№3/4. -С. 5-9.
- 2 Бугрименко, В.М. Что стоит за сменой парадигм? Транспортная доступность и минимальные транспортные стандарты / В.М. Бугрименко // Трансп. России. -2010. -31 янв. (№25). -С. 4.
- 3 Левитин, И.Е. Развитие государственно-частного партнерства на транспорте / И.Е. Левитин. -М.: ВНИТИ РАН, 2010. -444 с.
- 4 Кабашкин, В.А. Государственно-частное партнерство в регионах Российской Федерации / В.А. Кабашкин. -М.: Дело АНХ, 2010. -120 с.
- 5 Пингасов, Д.В. Оценка эффективности государственно-частного партнерства в реализации проектов платных автомобильных дорог / Д.В. Пингасов // Изв. высш. учеб. заведений. Стр-во / Сибстрин. -2012. -№2. -С. 56-60.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *автомобильная дорога, прогнозирование, проект, государственно-частное партнерство, сценарии*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Каталымова Ксения Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Пингасов Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПОВЫШЕНИЕ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА МАГИСТРАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Ю.В. Попова

THE INCREASE OF TRANSIT CAPACITY MAIN RAILWAYS

«Siberian state transport university»

Ju.V. Popova

The projects of transport infrastructure in order to increase transit capacity main railways are considered.

Keywords: railway transport, transit potential, transport strategy

Рассматриваются проекты развития транспортной инфраструктуры в целях повышения транзитного потенциала магистральных железных дорог.

В настоящее время недостаточное развитие сухопутных транспортных коммуникаций, которые соединяли бы Европу с Дальним Востоком, препятствует хозяйственному развитию всех стран Евразии. Создание современной трансевразийской транспортной сети часто называют строительством «нового Шелкового пути».

В России уже к 1903 была построена железнодорожная магистраль от Санкт-Петербурга до Владивостока, Транссиб и Китайская Восточная железная дорога (КВЖД). В 1970–2000-е ее дополнила Байкало-Амурская магистраль (БАМ). Эта железнодорожная система в настоящее время отчасти выполняет функции Шелкового пути, обеспечивая возможность сквозной транспортировки грузов через всю Евразию. Ее функционирование, однако, осложняется отсутствием транспортного сообщения российского Дальнего Востока с Японией,

крупнейшим экспортером Восточной Азии.

Есть проекты достройки БАМ за счет подводных туннелей, которые бы соединили Сахалин с материком и с японским Хоккайдо. Реализация этого плана позволит создать магистраль Япония-Западная Европа в 12-13 тыс. км, развитие которой дало бы сильный импульс экономическому развитию и Японии, и восточных регионов России. Однако реализация этого проекта (как и иные планы российско-японского экономического сотрудничества) имеет весьма неопределенную перспективу из-за политических проблем.

Параллельно с развитием системы БАМ-Транссиб с начала 1990-х активно обсуждается и реализуется проект создания второй трансевразийской транспортной системы, которая примерно повторяла бы трассу исторического Шелкового пути, проходя из Китая через Туркменистан до Турции и Грузии. Эта программа носит название ТРАСЕКА, ее также называют «восстановлением Великого шелкового пути» [1].

По расчетам специалистов, из-за неразвитости логистического сервиса Россия ежегодно недополучает почти 40 млрд. евро в виде добавленной к цене товаров стоимости. Транзитный потенциал России используется в лучшем случае на 8-10%. Если в 2007 г. объемы транзитных перевозок грузов в контейнерах по Транссибу составили 39,6 тыс. TEU, то только в порту Шанхая за этот же период было перевалено 26,2 млн. TEU, а это примерно 72 тыс. TEU в сутки.

Порт Роттердам только по транзиту перерабатывал в 2008 г. около 43 тыс. TEU в сутки, что составляет более 15,5 млн. TEU в год. При этом морской путь из Китая в страны ЕС – одного из основных торговых партнеров КНР и стран ЮВА – занимает почти в 4 раза больше времени, чем по Транссибу, что выражается в дополнительных издержках, равных в 250-320 \$ на 1 контейнер TEU. Исходя из этих данных, как минимум 10-15% объема евроазиатского контейнеропотока могло быть привлечено на российскую транспортную сеть. При этом только в северных провинциях Китая формируется грузовая база в 1,0-1,3 млн. TEU в год, а в Японии и Южной Корее – порядка 3 млн. TEU [2].

Но, несмотря на явные логистические и финансовые потери, иностранные грузовладельцы избегают пользоваться услугами российских транспортных компаний и предпочитают перевозить свои грузы преимущественно морским путем в обход территории России. Связано это прежде всего с тем, что уровень транспортно-логистического обслуживания в России далек от мировых стандартов. Кроме того, существуют большие проблемы при взаимодействии различных звеньев транспортно-логистической цепи. Прямые потери только портов и морского флота России от сверхнормативных простоев и задержек в переработке международных грузов достигают 250 млн. \$ в год. Ежегодные потери ОАО «РЖД» из-за несогласованности действий с другими участниками интермодальных перевозок грузов (морским транспортом, портами и т.д.) составляют в среднем 360 млн. \$ [2].

На сегодняшний день развитие транспортной инфраструктуры регламентируется двумя стратегиями: транспортной стратегией РФ на период до 2030 года и стратегией развития железнодорожного транспорта до 2030 года.

Согласно транспортной стратегии РФ, основные общесистемные проблемы развития транспортной отрасли состоят в следующем:

- наличие территориальных и структурных диспропорций в развитии транспортной инфраструктуры;
- недостаточный уровень доступности транспортных услуг для населения, мобильности трудовых ресурсов;
- недостаточное качество транспортных услуг;
- низкий уровень экспорта транспортных услуг, в том числе использования транзитного потенциала;

Соответственно целями развития транспортной системы России являются:

- формирование единого транспортного пространства России;
- обеспечение доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг по критериям качества для грузовладельцев;
- обеспечение доступности и качества транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами;
- интеграция в мировое транспортное пространство и реализация транзитного потенциала страны.

Общэкономическими итогами реализации Транспортной стратегии являются:

- снижение удельных транспортных издержек в цене продукции к 2030 году на 30%;

– увеличение коммерческой скорости продвижения товаров автомобильным транспортом до 1400 км/сутки, а железнодорожным транспортом (контейнерные перевозки) – до 1000-1200 км/сутки;

– уменьшение сроков доставки товаров, которые достигнут уровня развитых стран, что позволит снизить складские запасы для гарантированного товарного производства до 3-6 дней;

– увеличение экспорта транспортных услуг к 2030 году в 7,8 раза. Транзитные перевозки через территорию России увеличатся с 28 млн. т до 100 млн. т;

– стимулирование интенсивного развития смежных отраслей в экономике страны [3].

Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 г. включает два этапа: модернизацию железнодорожного транспорта (2008-2015 гг.) и динамичное расширение железнодорожной сети (2016-2030 гг.).

Долгосрочная программа развития железнодорожного транспорта включает в себя структурное реформирование железнодорожного транспорта, совершенствование системы государственного регулирования тарифов, расширение сети железных дорог, развитие скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения, формирование рынка логистических услуг, развитие международных транспортных коридоров, повышение эффективности функционирования железнодорожных пограничных переходов.

Прогнозируемые результаты:

– грузооборот увеличится в 1,6 раза;

– экспорт транспортных услуг возрастет в 2,8 раза;

– скорость доставки грузов возрастет на 23%;

– мультипликативный эффект для экономики РФ – 40 трлн. руб. [3].

По результатам проведенного анализа транспортной отрасли, можно сделать вывод, что она не смогла стать одной из движущих сил развития экономики в 2004-2008 гг. Во время мирового финансового кризиса показатели отрасли резко снизились в связи с ухудшением конъюнктуры грузовых и пассажирских перевозок, а рост грузооборота и объемов перевозок и оживление рынка транспортных услуг, наблюдавшиеся в 2009-2011 гг., в основном являются результатом посткризисного восстановления экономики.

Несмотря на выгодное географическое положение, Россия не реализует полностью транзитный потенциал. С другой стороны географические особенности России являются негативным фактором развития внешней торговли регионов ввиду удаленности от границ и неразвитой транспортной инфраструктуры. Транспортная стратегия РФ и стратегия развития железнодорожного транспорта призваны решить эти проблемы.

Повышение транзитного потенциала будет способствовать активизации международных и внутренних грузовых перевозок по Транссибу и БАМу. Однако это требует решения ряда научно-практических задач. Среди них рассматриваются следующие.

1 Обоснование возможных сценариев роста объемов грузовой и пассажирской работы железнодорожного и автомобильного транспорта в Сибирском регионе (Транссиб, БАМ) с учетом перспектив социально-экономического развития Нижнего Приангарья, Южной Якутии и региональных стратегий развития субъектов Российской Федерации, входящих в зону тяготения основных магистралей.

2 Обоснование возможных конфигураций транспортно-экономического баланса РФ и соответствующих им моделей транспортных потоков с учетом возможных рисков и способов их минимизации.

3 Оценка социально-экономической эффективности мероприятий по модернизации БАМа и разработка соответствующей карты рисков (риски при непринятии мер, риски на этапе принятия мер), а также проработка способов минимизации рисков.

Первая задача подразумевает исследования по сбору и обобщению информации, характеризующей регионы прохождения маршрутов сухопутного транспорта в Сибири и регионы, входящие в зону его тяготения, включая:

– демографическую ситуацию, характеристику социально-экономического развития регионов и динамику основных показателей социально-экономического развития субъектов Российской Федерации;

– статистические данные об объемах перевозок грузов и пассажиров железнодорожным транспортом по БАМу и по Транссибу за истекшие 40 лет;

– данные о представленных в регионах тяготения зоны БАМа видах транспорта с характеристикой межвидовых транспортных связей.

На основе собранной и обобщенной информации необходимо провести исследования (с аналитическими выводами) и определить:

- динамику изменения объемов и структуры перевозок грузов по БАМу и Транссибу за последние 40 лет по основной номенклатуре перевозимых грузов и видам сообщения;
- изменение соотношения различных номенклатурных групп грузов в общем объеме перевозимых грузов по БАМу и Транссибу за последние 40 лет;
- текущие объемы и структуру перевозок грузов по основным номенклатурным группам по БАМу и Транссибу с разбивкой по видам сообщения и корреспонденциям;
- динамику изменения объемов перевозок пассажиров по БАМу и Транссибу за истекшие 40 лет с выделением доли региональных и межрегиональных перевозок в дальнем и пригородном сообщении.

Вторая задача предусматривает оценку роста нагрузки на БАМ на период до 2030 года, исходя из прогнозируемого объема грузовых и пассажирских перевозок с использованием современных методов прогнозирования и моделирования транспортно-экономического баланса региона. Для этого необходимо провести исследования перспективных точек формирования грузопотоков, исходя из отраслевых и региональных стратегий развития, а также инфраструктурных проектов на территориях сопредельных государств и фактического состояния дел по их реализации. Оценить планируемые изменения спроса на грузовые перевозки на основе прогнозных данных социально-экономического развития Российской Федерации, в том числе внешнеторгового оборота, проанализировать возможность перераспределения прогнозируемого грузопотока между Транссибом, БАМом, Северным морским путем и автомобильным транспортом.

Перечисленные выше проекты развития транспортной инфраструктуры в конечном итоге будут способствовать усилению конкуренции в сфере перевозок, снижению затрат для грузоотправителей и в том числе малого бизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Амиров, М.Ш. Единая транспортная система / М.Ш. Амиров. -М.: КноРус, 2010. -316 с.
- 2 Назаренко, В.М. Международная деятельность по совершенствованию транспортного обеспечения внешнеэкономических связей / В.М. Назаренко. -М.: МГИМО, 2008. -390 с.
- 3 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р. -Режим доступа: <http://www.government.ru>

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный транспорт, транзитный потенциал, транспортная стратегия
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Попова Юлия Владимировна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.П. Дементьев, К.В. Катальмова

TO METHODOLOGY OF ESTIMATION OF SOCIAL MEANINGFULNESS AND EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS OF HIGHWAYS IN THE ECONOMY OF REGION

«Siberian state transport university»

A.P. Dementjev, K.V. Katalymova

The mechanism of influence of investments comes into question in building of highways and influence of improvement of travelling terms on the economy of region, socio-economic and financial efficiency of projects for budgets, investors, contractors.

Keywords: economy, region, highway, project, social meaningfulness, efficiency, state-private partnership, scenarios

Обсуждается механизм воздействия инвестиций в строительство автомобильных дорог и влияния улучшения дорожных условий на экономику региона, социально-экономическая и финансовая эффективность проектов для бюджетов, инвесторов, подрядчиков.

Транспортной Стратегией Российской Федерации до 2030 года предусмотрена концепция совершенствования бюджетной политики в отношении транспорта [1]. Ее суть сводится к оптимизации бюджетного финансирования транспортного комплекса. В части создания и

содержания инфраструктуры автомобильных дорог в [1] предусматривается «увеличение доли иницирующего финансирования инвестиционных проектов с участием частного капитала (или бюджетов субъектов Федерации, местных бюджетов) с частичным использованием средств федерального бюджета»; концентрация бюджетных средств на реализации проектов, имеющих социально-экономическую эффективность. Совершенствование бюджетной политики транспортного комплекса планируется за счет отказа от полномасштабного финансирования конкурирующих между собой коммерчески окупаемых инвестиционных проектов и реализации программно-целевого подхода при планировании и исполнении бюджета по статьям расходов. Поэтапный переход к трех-пятилетнему периоду бюджетного планирования крупнейших инвестиционных проектов и программ позволит расширить среднесрочное бюджетное планирование и отразить стратегические направления развития транспортного комплекса.

Перспективная модель финансирования транспортной отрасли ориентирует на формирование инвестиционной привлекательности для частного капитала. Основным направлением привлечения негосударственных средств для финансирования транспортной отрасли является государственно-частное партнерство (ГЧП). В сфере платных дорог, железнодорожного строительства, развития аэропортов, городского общественного транспорта ГЧП выражается в форме концессии. Исследованию различных аспектов взаимодействия государства и частного бизнеса в реализации инвестиционных проектов посвящено достаточно большое число работ [2].

Нам представляется целесообразным реализацию проектов транспортного строительства основывать на сценарном подходе к развитию регионов, оценке их социально-экономической значимости и финансовой эффективности.

Оценка социальной значимости проекта должна учитывать: мультипликативный эффект, создаваемый в других отраслях экономики, влияющих на социальную сферу региона прохождения автомобильной дороги; снижение системных заторов и скоростей движения автотранспортных средств; повышение потребительского спроса на товары и услуги в регионе, в сфере дорожного сервиса; потенциальное развитие крупных населенных пунктов; улучшение мобильности населения; международное значение проекта в автоперевозках; ускорение транспортных потоков; развитие экономики региона, создание дополнительных рабочих мест.

Воздействие инвестиций в строительство автомобильной дороги на экономику региона можно представить следующей схемой (рисунок 1).

К основным преимуществам проекта автомобильной дороги, влияющих на социально-экономическую сферу, является ориентация на удовлетворение широкого круга юридических и физических лиц, использующих автотранспорт. Существующие методы оценки эффективности проектов не учитывают продолжительность эксплуатационного периода автомобильных дорог, равного 60-ти годам, что в два раза превышает срок эксплуатации промышленного здания (31 год).

Количественные показатели общественной эффективности оцениваются



Рисунок 1 – Воздействие инвестиций в строительство автомобильных дорог на экономику региона

по притоку и оттоку денежных потоков на основе оценки внешних эффектов от реализации проекта. Качественные показатели общественной эффективности определяются степенью развития региона (рисунок 2).

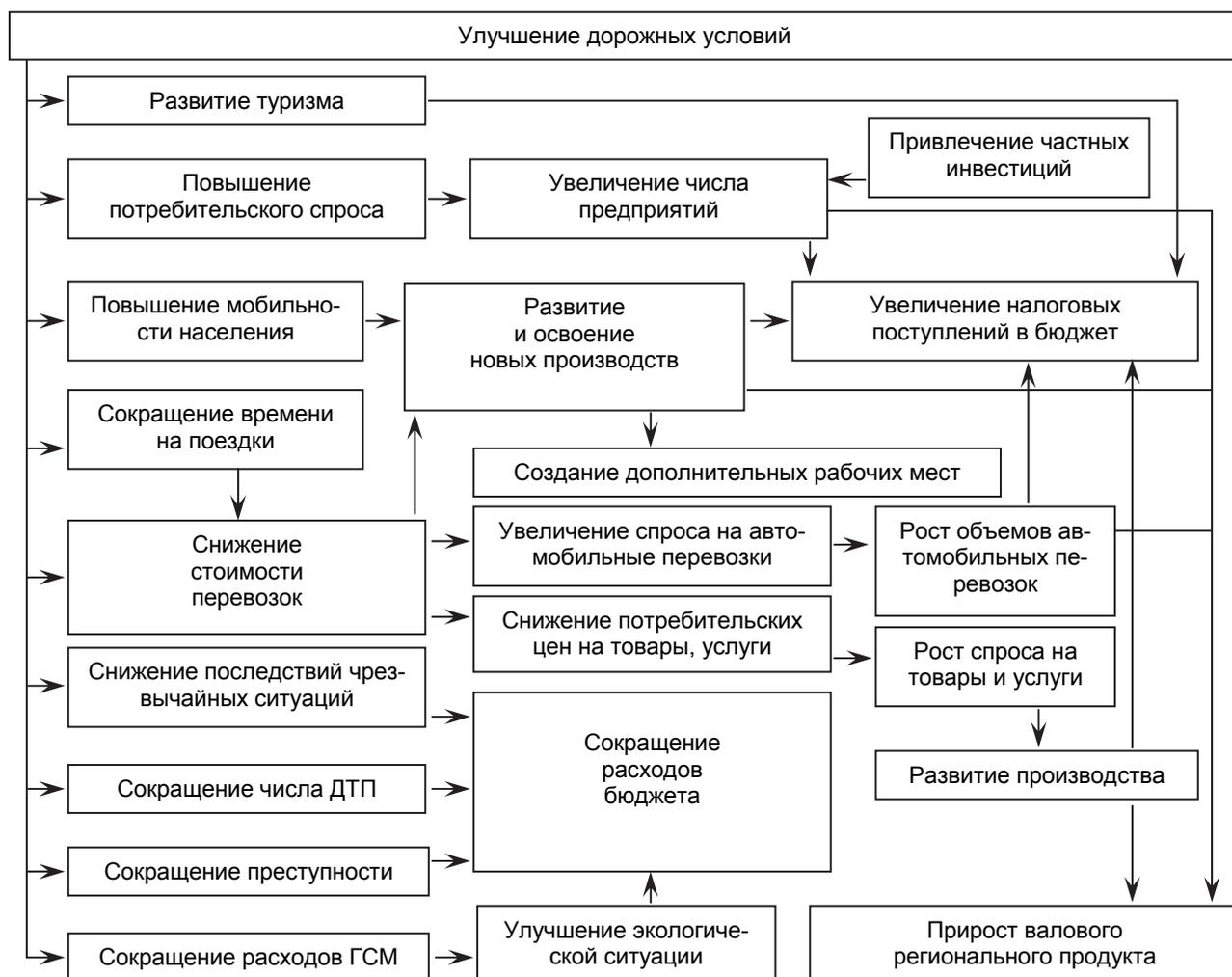


Рисунок 2 – Влияние улучшения дорожных условий на экономику региона

Реализация проектов транспортного строительства, а именно: железных и автомобильных дорог, имеет ряд особенностей в части оценки эффекта от их реализации, железные и автомобильные дороги, кроме прямого эффекта от и эксплуатации позволяют получить мультипликативный эффект в других отраслях экономики. Алгоритм оценки эффективности ИП приведен на рисунке 3. Данные проекты активно влияют на социальную сферу. Прежде всего, инвестиции в строительство дороги (железной или автомобильной) оказывает благотворное влияние на развитие экономики региона. Инвестиции, направленные на реализацию проекта, расходуются на покупку материалов, конструкций, продукции других отраслей экономики (до 60%), включая промышленность строительных материалов, дорожное машиностроение, транспорт, нефтеперерабатывающую промышленность и т.д. Развитие этих отраслей влечет создание дополнительных рабочих мест, привлечение дополнительных инвестиций.

Развитие региональной экономики обусловлено комплексом взаимосвязанных научно-технических, производственных, энергетических, строительных, транспортных и иных проектов, требующих привлечения частных инвестиций, а, следовательно, и их финансового обоснования в условиях потенциальных рисков возникновения кризисов, нестабильности бюджетного финансирования, неполноты правовой базы. Необходимы дальнейшие углубленные научные исследования, направленные на создание методологии управления изменениями проектов.

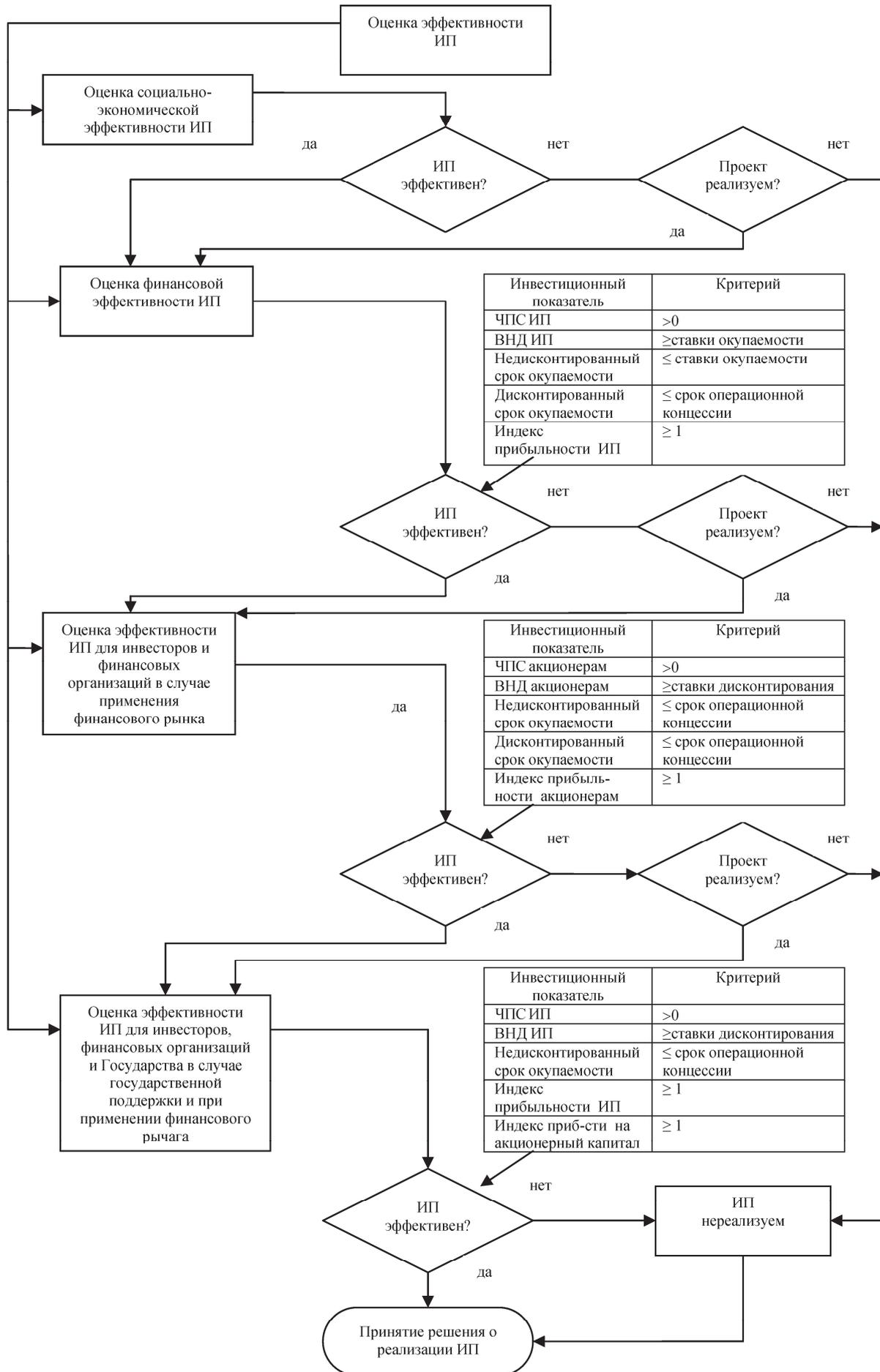


Рисунок 3 – Алгоритм оценки эффективности ИП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>.

2 Пингасов, Д.В. Оценка эффективности государственно-частного партнерства в реализации проектов платных автомобильных дорог / Д.В. Пингасов // Изв. высш. учеб. заведений. Стр-во / Сибстрин. -2012. -№2. -С. 56-60.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономика, регион, автомобильная дорога, проект, социальная значимость, эффективность, государственно-частное партнерство, сценарии

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дементьев Алексей Петрович, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Каталымова Ксения Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ В ЗОНЕ СОЗДАНИЯ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.С. Воробьев, Е.В. Луницина

FORMATION OF THE SYSTEM DRIVING THE CONSTRUCTION ZONE FOR A FUEL AND RAW MATERIAL COMPLEX
«Siberian state transport university»

V.S. Vorobjev, E.V. Lunitcina

The necessity to develop a comprehensive program to improve the management, aimed at reducing overhead, improving production scheduling work, reducing the time of commissioning, work stages, starting complexes in operation. Controlled by the composition, procedures and methods for the development of a comprehensive program. The order of organizational forms and structures of production enterprises of transport construction industry.

Keywords: transport construction, program management, organizational structure, transport construction sector

Обоснована необходимость разработки комплексной программы совершенствования управления, направленной на снижение непроизводительных издержек, повышение эффективности планирования производства работ, сокращение сроков сдачи объектов, этапов работ, пусковых комплексов в эксплуатацию. Регламентирован состав, порядок и методы разработки комплексной программы. Определен порядок организационных форм и производственных структур предприятий транспортного строительного комплекса.

Энерго-сырьевой вариант развития экономики РФ базируется на освоении новых месторождений полезных ископаемых и наращивании топливно-сырьевого экспорта. Он предполагает ускоренное развитие транспортной инфраструктуры для реализации конкурентного потенциала России в сфере транспорта и роста экспорта транспортных услуг. Реализация любого варианта требует научного обоснования функциональных программ по направлениям, формирующим устойчивое развитие региона, и технико-экономических расчетов их эффективности.

Энерго-сырьевой вариант развития экономики в первую очередь связан с развитием производительных сил Сибири и Дальнего Востока. Первоочередной задачей становится формирование опорной транспортной сети региона. Это – железные и автомобильные дороги, обеспечивающие освоение природных ресурсов, связь населенных пунктов, экономических центров с магистральными путями сообщения.

Одним из перспективных регионов реализации энерго-сырьевого варианта развития экономики является Южная Якутия. Исследования эффективности этого проекта являются актуальной проблемой. Его реализация может быть осуществлена транспортным строительным комплексом, практически отсутствующим в этом регионе. Актуальной становится проблема его формирования, а для действующих организаций – проблема совершенствования управления в генеральных и субподрядных организациях транспортного строительства. Поэтому необходима комплексная программа совершенствования управления (КПСУ), направленная на снижение непроизводительных издержек, повышение эффективности планирования производства работ, что в свою очередь позволит снизить сроки сдачи объектов, этапов работ, пусковых комплексов в эксплуатацию и приступить к освоению природных ресурсов, повышая тем самым отдачу на вложенный капитал и снижая сроки окупаемости инвестиций [1].

На первом этапе актуальной становится задача регламентирующая состав, порядок и методы разработки КПСУ.

Цель разработки КПСУ – обеспечить целенаправленную работу всех подразделений, системы управления и каждого члена коллектива организации по обеспечению ввода в действие мощностей и объектов в предусмотренные проектом сроки и снижению затрат всех ресурсов, чтобы обеспечить рентабельность производства и коммерческую прибыль.

В современных условиях актуальной стала проблема управления изменениями проекта в процессе его реализации, связанная с финансированием, зачастую с изменениями технических решений, взаимодействием с поставщиками ресурсов и др. [2]. Поэтому основные положения и мероприятия КПСУ в зависимости от срока реализации проекта конкретизируются и уточняются по составу, объемам, срокам выполнения, исполнителям и привлекаемым ресурсам на очередные плановые отрезки времени при подготовке соответствующего текущего плана совершенствования управления. Цель – обеспечить реализацию намеченных в КПСУ мероприятий.

Нам представляется целесообразным в условиях развития региональной транспортной сети Южной Якутии для научного обоснования включить в состав КПСУ следующие позиции:

- 1 Совершенствование организационных форм основного и вспомогательных производств;
- 2 Совершенствование технологии, средств и методов решения основных управленческих задач;
- 3 Совершенствование организационной структуры управления;
- 4 Совершенствование информационного обеспечения;
- 5 Совершенствование стиля управления персоналом и исполнения.

В п.1 «Совершенствование организационных форм...» определяются: уровень специализации исполнителей; мощности подразделений основного и вспомогательного производств; количество подразделений определенной мощности и специализации; места дислокации. В основу решений по строительному производству должна быть положена программа работ по проекту.

Решения по вспомогательным производствам формируются по результатам анализа потребностей строительных подразделений.

В п.2 «Совершенствование технологии, средств и методов решения основных управленческих задач» исследуются вопросы применения новых математических методов, вычислительной техники и разработки на их основе современных информационных технологий. Для выработки наиболее эффективных решений целесообразно предусматривать разработку отдельных проектов автоматизированных систем управления, автоматизированных рабочих мест и/или учрежденческих информационных систем.

В п.3 «Совершенствование организационной структуры управления» обосновываются вопросы количества уровней управления, изменения перечня и численности отделов в организации и его подразделениях при переходе на новые средства и методы управления, упорядочения распределения функций по вертикали и горизонтали, уточнения положений об отделах и должностных инструкций.

В п.4 «Совершенствование информационного обеспечения» предусматриваются меры по накоплению данных об объектах и стройках-аналогах, ТЭР, рекомендуемых норм СНиП, цен по машинам, материалам и другие данные, необходимые для прогнозных и других расчетов при планировании. В этом разделе целесообразно предусмотреть меры проверки качества проектной документации и обоснований договорных цен.

В п.5 «Совершенствование стиля управления персоналом и исполнения» отражаются меры корректировки сложившегося стиля управления руководителей всех уровней с учетом предусмотренных в других разделах КПСУ изменений в системе управления. Они должны быть направлены, в первую очередь, на ликвидацию бюрократизма и формализма, демократизацию разработки, принятия и контроля исполнения решений, повышение исполнительской дисциплины. При работе с кадрами должны быть предусмотрены меры по повышению квалификаций, особенно в части овладения экономическими методами управления, новыми средствами и методами решения управленческих задач.

По мнению ряда экспертов транспортного строительства комплексная программа совершенствования управления должна, разрабатываться как единый документ, отдельные разделы которого тесно взаимосвязаны. Для планирования и организации работ рекомендуется следующая этапность:

- 1 Формирование вариантов организационных форм и производственных структур.
- 2 Моделирование строительного производства при различных вариантах производст-

венных структур и выбор предпочтительного варианта.

3 Формирование вариантов вспомогательных подразделений.

4 Анализ производственно-хозяйственных отношений между подразделениями треста и разработка мероприятий по совершенствованию хозяйственного механизма.

5 Анализ задач управления и построение информационно-логической схемы решения основных управленческих задач.

6 Моделирование информационных процессов в системе управления и разработка вариантов организационной структуры управления.

7 Оценка вариантов организационной структуры и выбор наиболее эффективного.

8 Анализ информационного обеспечения и разработка мероприятий по его улучшению.

Анализ действующих положений об отделах и должностных инструкций и составление графика их пересмотра с учетом запланированных изменений в структуре управления.

9 Анализ эффективности управления персоналом, обеспеченности кадрами, привлечения молодых специалистов и рабочих, графика повышения квалификации и других долгосрочных мероприятий по работе с кадрами.

Постановка и решение задач на каждом из указанных этапов предполагают изложение: цели решения задачи; критерия качества решения; учитываемых условий и ограничений (исходных данных); методов и средств решения; порядка решения; результатов решения (выходных данных).

Анализ потребностей в продукции треста и формирование перспективных целевых задач состоит из следующих этапов: цель работ по этапу – сформировать договорной объем продукции; критерии качества решения – полнота охвата всех потребностей предприятий-заказчиков, точность прогнозирования величины вводимых мощностей, объемов капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ; исходные данные по величинам вводимых мощностей берутся из долгосрочных государственных комплексных программ, детализирующих Транспортную стратегию России и Стратегию развития железнодорожного транспорта; программ развития региона, каждого предприятия-заказчика и самого треста.

В качестве ограничений учитываются природные и экономико-географические условия.

Организация транспортного строительства с использованием методов экспертного оценивания определяет соответствие потенциальных работ специализации треста. Проекты, не соответствующие специализации треста, отклоняются. По принятым проектам уточняются нормативные сроки строительства, предварительно согласовываются объемы строительно-монтажных работ, подбираются необходимые данные об условиях строительства, объекте-аналоге, коммуникациях, возможных источниках, ресурсов, энергии и другие доступные исходные данные об объекте и строительной площадке.

Результатом работы на 1 этапе являются проект сводного титульного списка строек и объектов на принятый период планирования, плана ввода мощностей, структуры и объемов работ, их распределение во времени и пространстве.

Прогнозирование основных показателей осуществляется в следующей последовательности.

Ставится цель – определить тенденции изменения показателей деятельности треста, их соотношений и на основе этого дать прогноз мощности отдельных подразделений и треста в целом, направления повышения эффективности его деятельности при сохранении сложившихся условий.

Результатом решения задач этого этапа являются значения показателей, характеризующих мощность треста, специализацию его подразделений и распределение по обслуживаемому региону в течение планируемого периода.

Формирование вариантов организационных форм и производственных структур может быть представлено следующими положениями.

Исходными данными для решения задачи являются результаты прогноза, ограничения по трудовым ресурсам, базе строительной индустрии в обслуживаемом регионе.

Варианты организационных форм и производственных структур формируются специалистами высокой квалификации на основе накопленного опыта с учетом возможных сочетаний уровней специализации, мощности и мест дислокации подразделений. Набор показателей, характеризующих варианты, определяется с учетом методов выбора наиболее эффективного из них.

Порядок решения задачи может быть следующий: определение вариантов специализации подразделений (объектная, технологическая, комбинированная) и намечаемых вариан-

тов перехода от существующего уровня к намеченному; определение вариантов развития мощностей и этапности достижения намеченных уровней; определение вариантов мест дислокации подразделений; определение наиболее вероятной выработки и себестоимости работ в подразделениях различной специализации, мощности и с разным радиусом расположения объектов; определение затрат на передислокацию и т.п.; формирование вариантов наиболее вероятного сочетания параметров, определенных в первых трех пунктах.

Итогом решения задач на данном этапе являются исходные данные для моделирования строительного и вспомогательных производств при различных вариантах организационных форм и производственных структур.

Моделирование строительного производства предусматривает в качестве цели на данном этапе – выбор лучшего варианта производственной структуры. В качестве критериев выбора вариантов могут использоваться: максимальное участие в проектах, реализуемых в зоне индустриального освоения; минимум затрат; минимум простоя подразделений из-за отсутствия фронта работ; минимум сроков строительства объектов и др.

Критерий качества и учитываемые ограничения окончательно выбираются при конкретизации постановки задачи.

Задача может решаться с использованием методов линейного программирования, имитационного моделирования и др.

Формирование вариантов вспомогательных подразделений. Подразделения материально-технического снабжения формируются с целью повышения уровня комплектности поставок материалов, строительных конструкций и изделий в соответствии с графиком строительства объектов.

Критерии качества решения задач: минимум отклонений сроков строительства объектов из-за отсутствия строительных материалов, конструкций и изделий; минимум издержек на поставки и запасы материальных ресурсов; минимум затрат на строительство объектов с учетом расходов на материально-техническое снабжение; экспертные оценки и др. Выбор критериев осуществляется в процессе решения задач с учетом используемых средств и методов их решения. Исходные данные для решения задач: объемы работ с учетом распределения в пространстве и времени; нормы потребности в материально-технических ресурсах и спецификации сборных конструкций и деталей по чертежам или объектам-аналогам, потерь их при транспортировке и хранении; данные о поставщиках, транспортной сети, затратах на производство, перевозку, хранение; затраты на создание складских помещений, карьеров, подсобных производств и др.

Варианты эффективной организации материально-технического снабжения могут быть найдены методом линейного программирования и имитационного моделирования. В результате решения задачи должны быть получены данные о поставщиках и целесообразных объемах поставок, объемы развития подсобных производств и складского хозяйства. На основе выбранного варианта материально-технического снабжения разрабатывается программа перехода в течение пятилетки от существующего положения к наиболее эффективному.

Подразделения механизации строительного-монтажных работ и автомобильного транспорта призваны обеспечить комплексную механизацию строительного-монтажных, погрузо-разгрузочных и транспортных работ. Критерии качества решения задач: минимум отклонений сроков строительства объектов из-за отсутствия машин, механизмов и транспортных средств; минимум затрат труда на выполнение строительного-монтажных работ; минимум затрат на строительство объектов с учетом затрат на эксплуатацию машин и механизмов; максимум дохода.

Выбор критериев осуществляется в процессе решения задачи с учетом средств и методов их решения. Исходные данные для решения задач: объемы работ с учетом распределения в пространстве и времени; нормы затрат машин и механизмов на выполнение работ и расходы на их эксплуатацию; производительность существующих и перспективных машин и механизмов на различных работах; возраст и сроки службы техники; транспортная сеть; объемы перевозок (технологические, на складах и строительных площадках, по доставке материалов от складов до площадок или подсобных производств, по доставке грузов и др.).

Варианты обеспечения строительной техникой и транспортом выбираются с использованием методов линейного программирования или прямым счетом по нормам. В результате решения задачи должны быть получены данные об обновлении парка существующих машин, внедрении новых, раз витии ремонтной эксплуатационной базы.

На основе выбранного варианта механизации работ разрабатывается программа пере-

хода от существующего положения к намеченному.

Сложность условий строительства железных и автомобильных дорог в зоне индустриального освоения, сжатые директивные сроки, масштабность строительства вызывают необходимость поэтапного выполнения изыскательских, проектных и строительных работ. Жизненный цикл строительства железной дороги включает подготовительный период, развертывание фронта работ, строительство и свертывание в связи со сдачей дороги в постоянную эксплуатацию. Это не позволяет спроектировать систему управления строительным комплексом на начало строительства в полном объеме.

Строительные организации, передислоцируемые из других регионов, имеют сложившиеся системы управления, неадекватные новостройкам в районах нового освоения. Системы управления вновь создаваемых организаций строительного комплекса формируются по аналогии с действующими. Поэтому для каждой новостройки должна разрабатываться программа формирования систем управления строительным комплексом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Воробьев, В.С. Формирование логистических систем транспортного строительного комплекса в районах индустриального освоения / В.С. Воробьев. -Новосибирск: Сиб. гос. ун-т путей сообщения, 2004. -323 с.
- 2 Воробьев, В.С. Разработка проекта системы управления предприятием строительной отрасли / В.С. Воробьев, В.П. Перцев, А.Г. Шатилов. -Новосибирск: Наука, 2003. -96 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортное строительство, программа, управление, организационная структура, транспортный строительный комплекс

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Воробьев Валерий Степанович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Луницына Екатерина Вадимовна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.П. Дементьев, И.Н. Спицына

INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE COST MANAGEMENT SYSTEM IN RAILWAY COMPANIES

«Siberian state transport university»

A.P. Dementjev, I.N. Spitsyna

Proposed cost management in enterprises of railway transport, using the developed information-analytical systems.

Keywords: information technology, cost management, cost of sales, budgeting management

Предложено управление затратами на предприятиях железнодорожного транспорта с использованием разработанных информационно-аналитических систем.

Требования принятия качественных оперативных или стратегических управленческих решений требуют обработки информации в различных разрезах бюджетного управления. В этой связи использование локальных программ дает возможность трансформации статей бюджетных регламентов в традиционные планово-экономические статьи смет, калькуляций для контроля внутренних цен структурных подразделений.

В практике управления бюджетным процессом производственных корпораций выделяются три основных уровня программно-технических средств.

Первый уровень – создание системы автоматизированных рабочих мест (АРМ). Система дает возможность функционирования единой сети персональных компьютеров, но не позволяет создать систему единого внутреннего контроля или единого информационного пространства на уровне компании, или крупного управленческого сегмента.

Второй уровень – использование программных продуктов локальной функциональности, которые охватывают один или несколько агрегированных управленческих сегмента.

Разработка таких видов программных продуктов для бизнес единиц железнодорожного транспорта ведется, при участии авторов, в НИЛ «Экономика транспорта» СГУПС.

Третий уровень – создание интегрированной системы управления на базе полнофункциональных программных продуктов, которая предполагает наличие всех описанных выше позиций.

Холдинг ОАО «Российские железные дороги» в качестве информационного обеспечения бюджетного управления использует все три уровня программных продуктов.

Во внедренной на сети железных дорог единой корпоративной автоматизированной системе управления финансовыми ресурсами (ЕКАСУФР-2 и его составной части ЕКАСУТР) на базе системы R/3 для решения поставленных выше задач предназначен компонент модуля Финансовой Бухгалтерии (FI) – «Контроль и регулирование бюджета» (FM).

Однако требования принятия качественных оперативных или стратегических управленческих решений требуют обработки информации в различных разрезах бюджетного управления. В этой связи использование локальных программ дает возможность трансформации статей бюджетных регламентов в традиционные планово-экономические статьи смет, калькуляций для контроля внутренних цен структурных подразделений.

Управление затратами подразумевает целый комплекс мероприятий, направленных на снижение и контроль затрат. Процесс создания системы управления затратами на предприятии можно разбить на следующие этапы [1]:

- Установление связи между системами управления затратами и бюджетного управления.

- Определение перспективных направлений снижения затрат.

- Разработка плана мероприятий по снижению затрат.

На уровне структурных подразделений процедура управления затратами ограничивается зачастую планированием бюджетных заданий, в части расходов, и анализом отклонений фактически исполненных бюджетов расходов от плановых заданий. Такой подход не дает обоснованной информации о причинах перевыполнения плановых заданий по расходам и ограничивает возможность поиска резерва повышения эффективности хозяйственной деятельности структурных подразделений [2].

При оперативном управлении затратами основное внимание сосредоточено на бюджете прямых затрат. И, следовательно, управление ими позволит планировать расходы более точно в соответствии с вариабельностью технологического процесса. Система бюджетного управления дает наибольший успех, если она построена на основе информационных технологий [1].

Для решения задач оперативного управления затратами на предприятиях эксплуатационного сектора вагонного хозяйства в научно-исследовательской лаборатории «Экономика транспорта» инженерно-экономического факультета Сибирского государственного университета путей сообщения разработаны и внедрены две локальные информационно-аналитические системы. На 36 пунктах технического обслуживания грузовых вагонов (ПТО) информационно-аналитическая система «Бюджетирование прямых затрат ПТО» и на 3 механизированных пунктах подготовки вагонов под погрузку (МППВ) информационно-аналитическая система «Бюджетирование прямых затрат МППВ» (ИАС БПЗ). Процесс разработки и внедрения начался в 2005 г. и в настоящее время на ПТО дороги работает четвертая версия, на МППВ – третья версия ИАС [3].

Бюджет затрат ПТО и МППВ включает в себя затраты на оплату труда, запасные части, топливо, электроэнергию, отчисления на социальные нужды, амортизацию и прочие. В структуре расходов прямые затраты составляют более 82% и оптимизация этих расходов является одной из основных задач информационно-аналитической системы. Функционирование системы позволяет осуществлять учет и контроль расхода запасных частей и затрат труда на каждый прошедший обслуживание вагон.

Базовый алгоритм ИАС БПЗ позволяет вести учет для каждого обслуженного или подготовленного вагона выполненной на нем работы с фиксированием исполнителя и расхода запасных частей и материалов.

Основой его является «Положение об оплате труда работников вагонного хозяйства Западно-Сибирской железной дороги» которое позволяет учесть вклад каждой смены и каждого работника в общую работу подразделения.

Информационно-аналитическая система «Бюджетирование прямых затрат ПТО и МППВ» позволяет:

- Осуществлять поэлементный, обоснованный и адресный учет всех составляющих трудовых процессов и материальных затрат.

- Определить коэффициенты качества труда.

- Оценить вклад каждого рабочего, бригады в процесс обслуживания и подготовки вагонов под погрузку.

– Проследить движение материалов по кладовой, определить правомерность списания материалов на отчетную дату, определить потребность в материальных ресурсах (по позициям номенклатуры).

– Рассчитать бюджет затрат ПТО и МППВ, в том числе по всем элементам номенклатуры затрат.

– Определить нормы трудовых затрат и численность по профессиям на основании анализа повторяемости работ и загруженности работников основных профессий.

– Контролировать соотношение темпов роста производительности труда и темпов роста заработной платы.

– Определить повторные заходы вагонов на МППВ и сравнить выполняемые работы.

В процессе эксплуатации системы были решены вопросы не только адресного учета затрат труда каждого работника и фиксирование расхода запасных частей и материалов, но и повагонного учета всех прямых затрат. Система генерирует и дополнительные, однако важные для руководителя, отчетные формы.

На каждый вагон, прошедший подготовку, формируется его лицевой счет. В нем отражены все произведенные затраты и указывается информация о причастных работниках.

ИАС БПЗ позволила осуществить количественное измерение и мониторинг контрольных показателей качества на каждом этапе выполнения технологического процесса подготовки вагонов. Дифференциация заработной платы и премии, в зависимости от внесенного вклада в общие результаты, повышает качество перевозочного процесса, выражающегося в снижении браков и отказов в работе вагонного хозяйства.

В 2008 году начата разработка информационно-аналитической системы «ТОР-ФИНАНС», основными задачами которой являются, во-первых, учет затрат на текущий отцепочный ремонт грузовых вагонов, а во-вторых, документальное обеспечение взаиморасчетов с собственниками грузовых вагонов за проведенный текущий отцепочный ремонт.

Текущий отцепочный ремонт грузовых вагонов является нецикловым, состав работ не регламентирован и поэтому планирование затрат на него осуществляется по средневзвешенным показателям – средняя стоимость ремонта и предполагаемый объем работ в будущем периоде. Такая неопределенность еще в большей степени определяет необходимость разработки системы, которая транспарентно отслеживает затраты на этот вид ремонта. Кроме того, услуги по ТОР не включены в состав вагонной составляющей тарифа на грузовые перевозки, а сами услуги относятся к прочим продажам предприятий ОАО «РЖД». Основную долю в доходах вагонного хозяйства железных дорог – 52% от всех доходов – занимают доходы от текущего ремонта вагонов частного парка. По результатам работы вагонного хозяйства железных дорог в соответствии с корпоративной отчетностью в целом по сети железных дорог имеет место достаточно большая дебиторская задолженность по расчетам с собственниками вагонов за текущий отцепочный ремонт частных вагонов. И, как правило, это объясняется претензиями к качеству документов, предъявляемых собственникам.

С 2009 г. На Западно-Сибирской дороге ИАС «ТОР-ФИНАНС» работает в режиме промышленной эксплуатации на всех участках ТОР. На Красноярской дороге в режиме промышленной эксплуатации работают участки ТОР одного эксплуатационного вагонного депо. Система дает возможность формирования следующего пакета документов по взаиморасчетам с собственниками и арендаторами грузовых вагонов за выполненный ТОР: дефектную ведомость (ф. ВУ-22) на вагон; калькуляцию себестоимости выполненных работ; расчетно-дефектную ведомость; акт выполненных работ и данные для выписки счетов-фактур. По итогам двухлетней эксплуатации ИАС «ТОР-ФИНАНС» можно говорить о том, что ее внедрение дает ожидаемый эффект в части сокращения дебиторской задолженности даже на такой дороге как Западно-Сибирская, объем текущего отцепочного ремонта которой самый большой на сети.

Кроме этого ИАС «ТОР-ФИНАНС» генерирует отчетные формы для оперативного и управленческого учета наличие которых обеспечивает принятие управленческих решений на уровне руководства депо и службы вагонного хозяйства.

В соответствии с третьим этапом Программы структурной реформы железнодорожного транспорта созданы и действуют компании по организации перевозок пассажиров в пригородном сообщении на правах дочерних зависимых обществ.

В процессе регулирования финансовых взаимоотношений между региональными пригородными компаниями и территориальными органами ОАО «РЖД», пригородными компа-

ниями и местными органами исполнительной власти необходимо решать вопросы связанные с корректностью и транспарентностью определения затрат на перевозку пассажиров. В связи с этим проведены исследования всех компонентов и составляющих частей расходов, предъявляемых ОАО «РЖД» пригородным компаниям. Для того, чтобы обеспечить формирование стоимости измерителей по реальным расходам железнодорожного транспорта, предусмотрена автоматизация процесса сбора информации, агрегации и дезагрегации данных по местам возникновения затрат с использованием существующего информационного поля компании и оригинальных методик в НИЛ «Экономика транспорта» СГУПС разработана пилотная версия информационно-аналитической системы «ПРИГОРОД-ФИНАНС».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Чупейкина, Л.Г. Система бюджетного управления на железнодорожном транспорте / Л.Г. Чупейкина // Экономика ж. д. - 2004. -№1. -С. 40-48.
- 2 Спицына, И.Н. Управление затратами предприятий вагонного хозяйства железной дороги с помощью локальных информационных систем / И.Н. Спицына, В.А. Константинова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№2. -С. 96-98.
- 3 Макогон, Д.В. Экономическое значение повышения качества обслуживания грузовых вагонов / Д.В. Макогон, О.В. Речкунова // Вестн. ВНИИЖТ. -2006. -№6. -С. 35-38.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *информационные технологии, управление затратами, себестоимость, бюджетное управление*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Дементьев Алексей Петрович, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Спицына Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.В. Коркин

METHOD OF EVALUATION OF WORK
«Siberian state transport university»
V.V. Korkin

The fundamental criterion for the development of social production is a long-term economic stability in a competitive market, which can be achieved only if the reduction of labor and resource potential will be in line with the variability of the environment.

Keywords: evaluation criteria, the cost of labor, work, estimation parameters

Фундаментальным критерием развития общественного производства была и есть долгосрочная экономическая устойчивость на конкурентном рынке, которая может быть достигнута лишь при условии приведения трудового и ресурсного потенциала в соответствие с изменчивостью внешней среды.

Возникающие на железнодорожном транспорте дополнительные затраты труда, не растут пропорционально объему перевозок и это обусловлено такими факторами как рост прибыли в целом, который приводит к возникновению новых средств труда, повышающих эффективность деятельности всех подразделений отрасли.

Централизация и интеграция производства в единый технологический процесс, специализация и более высокая производительность труда, предназначенные для выполнения комплексных трудовых и технологических процессов, более эффективна на железнодорожном транспорте с точки зрения издержек производства.

В современных условиях не только организация трудового процесса, но и технология, применяемая для достижения одной и той же конечной цели, могут иметь различные решения. Возможность использования нескольких равнозначных технологических решений и приемов работы по их осуществлению вызывает необходимость выбора такого варианта, который при прочих равных условиях потребует наименьших затрат времени. Но сказать, каковы будут эти затраты по каждому варианту, можно лишь после того, как труд будет измерен и оценен. Эффективно вести производство в современных условиях значит экономно расходовать рабочее время. Для этого необходимо постоянно улучшать его использование, устранять причины, вызывающие его потери.

На этот же результат должны быть направлены методы более эффективной организации труда специалистов и менеджеров фирмы в соответствии с оптимальными нормативами

количества подчиняющихся им работников. В то же время рост сложности управления действиями менеджеров, может проявиться как следствие избыточности управленческих структур и возрастающей неспособности эффективно координировать деятельность работников внутри такой фирмы.

В сфере определения и контроля затрат наиболее актуальными направлениями исследования на железнодорожном транспорте в настоящее время являются:

- мониторинг данных об интегральной эффективности компании;
- повышение обоснованности планирования объемов труда рабочей силы за счет максимальной их детализации;
- оптимизация затрат за счет разработки алгоритмов распределения косвенных издержек труда, пересмотра норм и нормативов, ускорения управленческой реакции на эти нововведения.

Особенность управления затратами труда, рабочих, инженеров, руководителей и менеджеров состоит в необходимости оценки затрат и результатов труда в структурных подразделениях филиалов ОАО «РЖД» по структурным единицам.

Анализ практики управления затратами труда и производства показывает, что как бы жестко ни регламентировались размеры инвестиций на реорганизацию системы рационализации труда, в структурных подразделениях есть резервы.

Выполнение установленных признаков (критерии оценки) трудовой деятельности работника можно определяется количеством баллов (от 0 до 100), по сумме которых подводятся итоги за истекший (учетный) период (таблица 1 и 2).

Например, рекомендуются следующие признаки определения оценки трудовой деятельности и их оценки в баллах ($\Pi_{m\delta}$):

- выполнение мероприятий, предусмотренных регламентом работы или соответственно месячным планом..... 25 баллов;
- качество подготовленной информации для отраслевых служб и подразделений 20 баллов;
- качество разработанной информационной карты 20 баллов;
- экономические показатели работы по сумме годового экономического эффекта от внедренных новшеств (с разбивкой по кварталам или срокам внедрения) 20 баллов.

Количество баллов при подведении итогов трудовой деятельности за истекший период каждому работнику определяется с учетом уровня оценки выше указанных признаков:

- низкий уровень 0,75 (от 50-75 баллов);
- нормальный уровень 1,00 (76-100 баллов);
- высокий уровень 1,25 (101-120 и более баллов).

Общее количество баллов составит как произведение установленных баллов на фактически признанный коэффициент качества (или количества) труда по указанным признакам трудовой деятельности (активности) за определенный период (месяц, квартал, и т.д.).

Для подведения итогов трудовой деятельности и заработанных баллов рекомендуются следующие уровни оценок признаков и результатов труда (таблица 1).

Оценка трудовой деятельности определяется по формуле

$$O_{m\delta} = \sum_{i=1}^5 \Pi_{m\delta i} \times K_{oi} , \quad (1)$$

где $O_{m\delta}$ – оценка трудовой деятельности, в баллах;

$\Pi_{m\delta i}$ – признак трудовой деятельности, в баллах;

K_{oi} – коэффициент уровня i -го признака трудовой деятельности.

Итоговая оценка труда конкретного работника на основе изложенных критериев и балльной системы по каждому установленному признаку трудовой деятельности утверждается главным инженером или заместителем руководителя структурного подразделения. Общее количество баллов за данный учетный период работы заносится в специальную оценочную ведомость. На основе данных оценочной ведомости можно подвести итоги их трудовой деятельности за более длительные сроки и использовать при аттестации работников, установлении должностных окладов с учетом квалификации и деловых качеств.

Максимальное количество баллов, которое в течение года может набрать работник, согласно оценочной ведомости, будет определяться

$$Q_{тд}^{max} = 315 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 + 180 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 = 1518,75 \text{ баллов.} \quad (2)$$

Размер премии за отчетный месяц с применением предложенной оценки трудовой деятельности с учетом общего количества заработанных баллов можно определить по формулам:

– максимальный размер премии

$$P_{max} = \frac{O_m \cdot P_i}{100}, \quad (3)$$

где O_m – месячный должностной оклад;

P_i – размер премии;

– денежный эквивалент за 1 балл

$$D_{за1балл} = \frac{P_{max}}{Q_{тд}^{max}}, \quad (4)$$

где P_{max} – максимальный размер премии;

$Q_{тд}^{max}$ – максимальная оценка трудовой деятельности, в баллах;

– размер премии

$$P = D_{за1балл} \cdot Q_{тд}, \quad (5)$$

где $Q_{тд}$ – оценка трудовой деятельности, в баллах.

Стимулирование, основанное на оценке результатов труда работника создает необходимый эффект в непосредственной зависимости от его заслуг. Если системы стимулирования основываются на росте зарплаты вне зависимости от заслуг работника, то они фактически не дают результата. Руководители в обязательном порядке должны учитывать это немаловажное условие, проводя оценку работы каждого работника на основе ежемесячных оценок, по приведенным выше формам. И предпочтительнее было бы оценивать деятельность и других работников на производстве постоянно.

Пример расчета премии:

– Должность: инженер 2-ой категории;

– Образование: высшее техническое

– Стаж работы в должности: десять лет

По формуле 1 и таблице 1 определим оценку трудовой деятельности сотрудника

$$Q_{тд} = 290 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1 + 240 \cdot 1,25 + 170 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1 = 1355 \text{ баллов за год.}$$

По формулам (2)-(4) и таблице 2 определим размер премии с учетом общего количества заработанных баллов.

$$P_{(12)} = 8042 \cdot 50 / 100 = 4021,5 \text{ руб.}$$

$$P = 2,65 \cdot 1355 = 3587,9 \text{ руб.} \quad (7)$$

Премия выплачивается ежемесячно согласно действующему положению о премировании за основные результаты хозяйственной деятельности, а также для мотивации работников к более высокопроизводительному труду.

Таблица 1 – Оценочная ведомость сотрудника, баллы

Признаки трудовой деятельности	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Выполнение мероприятий, предусмотренных ежемесячным регламентом работы	20	25	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	290
Качество выполненных мероприятий	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	240
Уровень организации тематических мероприятий	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	240
Контроль за ходом внедрения	15	15	15	15	15	15	10	10	15	15	15	15	170
Экономические показатели внедрения	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	240

Совершенствование системы объективных оценочных параметров и процедуры оценки результатов труда, влияющих на начисление премиальной платы работников позволит усовершенствовать систему организации, планирования и распределения объемов работ и распределения должностных обязанностей.

Вместе с тем осовременить систему оплаты труда с целью большей дифференциации

премии в зависимости от усилий труда.

Оценка трудовой деятельности будет зависеть от последствий полученного результата. То есть удовлетворенность (неудовлетворенность) работников последствиями результатов труда относительно их ожиданий (размера стимула или размера зарплаты).

Таблица 2 – Критерии оценки труда работников структурных подразделений

Признак трудовой деятельности	Оценка, баллов	Характеристика и уровень признаков (ККТ)		
		низкий (0,75)	нормальный (1,00)	высокий (1,25)
Выполнение мероприятий, предусмотренных регламентом работы или соответственно месячным планом	25	обязанности по регламенту выполнены не полностью	обязанности по регламенту выполнены полностью	выполнение дополнительных мероприятий сверх предусмотренных регламентов
Качество подготовленной информации (других мероприятий)	20	из определенного приказами и нормативами комплекса мероприятий и т.д.	использует в основном общепринятые, определенные приказами и нормативами формы и методы, или единичные меры	планирует и использует весь комплекс мер, работает над повышением творчества, инициативы и т.д.
Уровень внедрения в подведомственной службе (структурном подразделении)	15	наличие нарушений в течение месяца, зафиксированных приказами или распоряжениями по подразделению	отсутствие нарушений в течение месяца, зафиксированных приказами или распоряжениями по подразделению	отсутствие нарушений в течение сроков или этапов внедрения, зафиксированных приказами или распоряжениями по подразделению
Экономические показатели работы подведомственной службы или подразделения	20	наличие занижения средств на внедрение или экономического эффекта на определенном этапе	отсутствие занижения средств или экономического эффекта	превышение расчетных средств экономического эффекта при полном внедрении новшества

Предложенный метод позволит в значительной степени повысить эффективность производства, разработать систему повышения материальной заинтересованности работников в достижении высоких конечных результатов работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: критерии оценки, затраты труда, трудовая деятельность, оценочные параметры
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Коркин Вадим Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОРАСЧЕТОВ ЗА ТЕКУЩИЙ ОТЦЕПОЧНЫЙ РЕМОНТ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

И.Н. Спицына, В.А. Константинова

ON THE ISSUE OF MUTUAL SETTLEMENTS FOR CURRENT UNCOUPLING REPAIRS OF FREIGHT CARS
 «Siberian state transport university»
 I.N. Spitsyna, V.A. Konstantinova

It is shown that mutual settlement with the owners of the rolling stock for the current repairs based on the general network price-list, does not reflect the real cost of car maintenance depot on this article for wagons and delivery wheelsets.

Keywords: information technology, cost management, freight cars, current uncoupling repairs

Показано, что взаиморасчет с собственниками подвижного состава за текущий отцепочный ремонт на основе общесетевого прейскуранта, не отражает реальные расходы вагонных эксплуатационных депо по этой статье за подачу-уборку вагонов и доставку колесных пар.

С января 2012 года взаиморасчет с собственниками подвижного состава за текущий отцепочный ремонт (ТОР) строится на основе общесетевого Прейскуранта. В состав прейскуранта входит цена на каждую возможную замену номерных деталей: адрессорных балок, боковых рам и колесных пар. Особенно тщательно проработана цена замены колесных пар, где учтены характеристики сменяемых колес как выкаченных, так и подкаченных. Регламентные работы, то есть те работы, которые выполняются в любом случае, независимо от причин отцепки, оцениваются фиксированной ценой (код работы 1001, цена 2454 руб. без НДС).

По-нашему мнению такой подход является спорным. В состав цены каждого вида работ входят:

- расходы на оплату труда;
- транспортно-заготовительные расходы;
- материальные расходы (на топливо и электроэнергию);
- общепроизводственные расходы;
- общехозяйственные расходы;
- цена детали по Прейскуранту ВРК.

Однако, затраты на оплату труда существенно отличаются в различных вагонных депо. Например, на ВЧД ст. Инская не для всех видах работ затраты на оплату труда соответствуют фактическим.

В настоящее время ВЧДЭ Инская осуществляет ТОР вагонов в соответствии как с общесетевыми договорами, например, с такими компаниями как ОАО «Первая Грузовая Компания», ОАО «Вторая Грузовая Компания», так и с дорожными договорами. Каждый договор имеет определенные отличия и если в части формирования собственно цены ремонта достигнуто определенное соглашение – основой является Прейскурант на ТОР, то в части дополнительных услуг, а это доставка деталей в ремонт и из ремонта на участки ТОР, цены для каждого случая ремонта различаются, по сути дела являются договорными. То есть сегодня за аналогичные виды ремонта разным собственникам выставляются разные счета за оказанные услуги.

Например, за подачу-уборку вагонов к участкам ТОР по договорам собственникам выставляется сумма равная 2352 руб., а реальная цена подачи-уборки может превышать эту сумму.

Таблица 1 – Расчет недополученных доходов на один вагон, отремонтированный в ТОР ОАО «Нефтьтранссервис», руб.

Участок ТОР	Реальная цена подачи-уборки	Цена, выставленная собственникам	Недополученные доходы на один вагон
ВЧД Входная участок Входная	3016,56	2352,0	664,56
ВЧД Инская участок Инская	1128,26	2352,0	-1223,74
Алтайская	1704,72	2352,0	-647,28

То есть потери доходов по статье подача-уборка на станции Инская составляет 22,0%.

Целесообразно внести в договоры с собственниками подвижного состава в качестве ставок за подачу-уборку вагонов и доставку колесных пар суммы, отражающие реальные расходы ВЧДЭ по этой статье.

На сегодняшний день собственнику для оплаты представляется следующий пакет документов:

- форма ВУ-23;
- форма ВУ-26;
- форма ВУ-22;
- акт замены колесных пар (в случае замены);
- акт замены узлов и деталей грузового вагона (в случае замены);
- акт о выполненных работах;
- расчетно-дефектная ведомость.

При этом собственникам вагонов выставляют документы на продажу эксплуатационному депо выкаченных колес. То есть по расчетно-дефектной ведомости депо продаёт запасную часть поставленную на вагон собственника, а снятую покупает у собственника.

Схема документооборота представлена на рисунке 1.

Кроме первых двух документов все остальные формируются в ИАС «ТОР-ФИНАНС».

Очевидно, что речь идет о четырех шаговом обмене документами с собственниками. Но это идеальный случай, то есть все документы ВЧДЭ оформлены надлежащим образом, собственник согласен с причиной отцепки и ценой ремонта. Если есть разногласия, то пакет документов возвращается на переоформление и обрастает дополнительными актами и формами. В некоторых случаях такой «документооборот» длится годами.

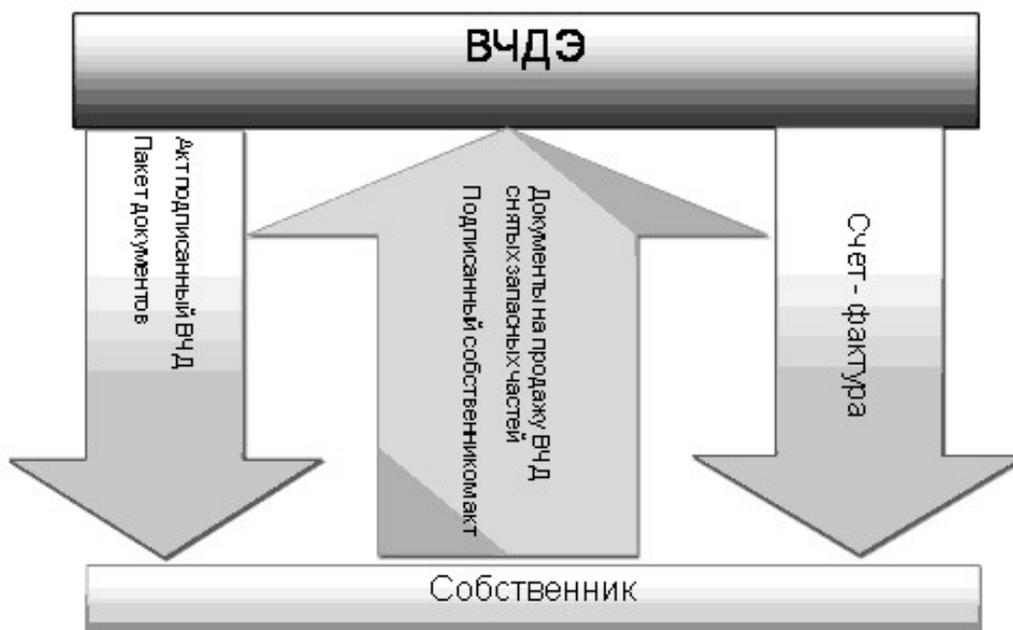


Рисунок 1 – Схема документооборота по взаиморасчетам с собственниками

Анализируя документооборот по взаиморасчетам можно сделать следующее предложение – организовать электронный обмен документами с внедрением электронно-цифровой подписи. Тем более что внутри ОАО «РЖД» электронно-цифровая подпись уже внедрена. Однако определенные трудности, связанные с корпоративной системой передачи данных и корпоративными автоматизированными системами управления здесь имеются. Самым простым выходом из этой ситуации может стать организация «шлюзов» для обмена документами. Пример организации такого взаимодействия приведен на рисунке 2.

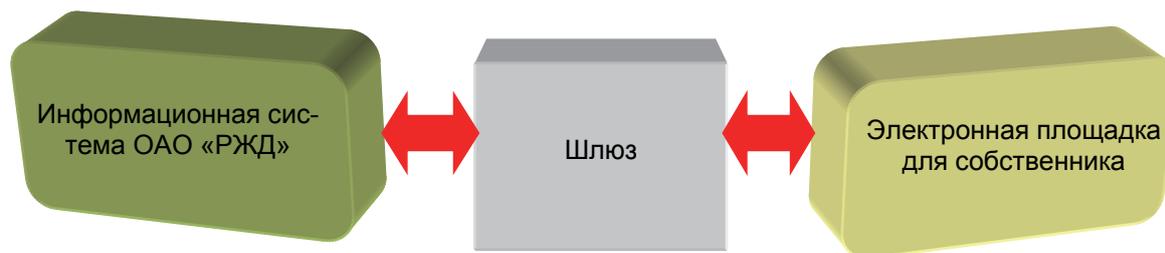


Рисунок 2 – Пример документооборота

Создание электронной площадки по прочим продажам, к которым и относится ТОР, даст возможность значительно ускорить взаиморасчет с собственниками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационные технологии, управление затратами, себестоимость, бюджетное управление

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Спицына Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Константинова Вера Александровна, соискатель ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РУСЕЛ РЕК ПРИ НАЛИЧИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.В. Дегтярева

ESTIMATION OF DISCHARGE CAPACITY OF RIVER BEDS WITH ICE

«Novosibirsk state academy of water transport»

V.A. Degtyareva

The influence of ice on rivers discharge capacity is considered. Methods of discharge capacity calculation for river beds with ice are offered.

Keywords: discharge capacity, ice, riverbed

Рассмотрено влияние на пропускную способность русла ледовых явлений. Предложены методы расчета пропускной способности при наличии льда и шуги.

В последние годы в России увеличилось количество катастрофических наводнений. На сибирских реках главной причиной наводнений являются заторы льда. Разработка противозаторных мероприятий не может быть произведена без оценки пропускной способности русла и, прежде всего, степени сокращения этой способности при наличии ледяных образований.

Когда река покрывается льдом, длина смоченного периметра поперечных сечений почти удваивается. Шероховатость нижней поверхности льда может быть меньше, равна или больше шероховатости дна. На небольших реках с медленным течением ледяной покров образуется в результате разрастания заберегов и его нижняя поверхность получается при этом гладкой. Если ледоставу предшествует осенний ледоход, ледяной покров образуется в процессе столкновения и смерзания льдин и его нижняя поверхность получается неровной. В это же время, то есть в начале ледостава, подо льдом перемещается и местами скапливается шуга. Два эти фактора: неровная нижняя поверхность льда и шуга – обуславливают высокие значения коэффициента трения в начале зимы. С течением времени первоначальные неровности нижней поверхности льда сглаживаются, а количество шуги в реке убывает. В результате, коэффициенты трения существенно изменяются со временем, уменьшаясь к концу зимы. С учетом экспериментальных данных, заимствованных из работы [1], по оценке изменения коэффициента шероховатости русла при наличии ледяного покрова, автор статьи получил зависимость, позволяющую рассчитать сезонное изменения коэффициента шероховатости ледяного покрова

$$n_n = n_{no} \exp(-0,02t), \quad (1)$$

где t – число суток после ледостава;

n_{no} – коэффициент шероховатости русла в конце ледостава, который рекомендуется принимать $n_{no} = 0,08-0,12$.

Формулу (1) рекомендуется применять при $t < 100$ суток. При расчете величины n_n за больший период времени следует принимать $n_n = 0,02$, так как зависимость $n_n = f(t)$ выходит на автомобильный участок.

На основании вышеизложенного, можно определить приведенный коэффициент шероховатости русла с ледяным покровом

$$n_{np} = \frac{\chi_p n_p + \chi_n n_n}{\chi_p + \chi_n}, \quad (2)$$

где χ_p – периметр живого сечения русла;

n_p – коэффициент шероховатости русла;

χ_n – периметр ледяного покрова в сечении русла;

n_n – коэффициент шероховатости ледяного покрова в расчетный период.

Если состав дна русла реки существенно неоднородный, в формуле (2) необходимо учесть данную неоднородность соответствующими слагаемыми.

Приведенный коэффициент шероховатости русла с ледяным покровом можно определять так же по формуле Н.Н. Павловского [2]

$$n_{np} = n_n \left[1 + \left(\frac{n_p}{n_n} \right)^{1,33} \right]^{0,75} . \quad (3)$$

Тогда расчетная зависимость для определения приведенного коэффициента Шези имеет вид

$$C_{np} = \frac{\sqrt[6]{R}}{n_{np}} . \quad (4)$$

Большое влияние на пропускную способность русла реки имеет степень заполнения живого сечения шугой и битым льдом. При одинаковых площадях живого сечения свободный поток имеет больший расход Q , чем поток при заполнении русла шугой Q_w . Если считать, что величина расхода Q определяется на основании приведенного коэффициента Шези (4), то расход русла, заполненного шугой можно найти по зависимости

$$Q_w = kQ . (5)$$

Коэффициент k зависит от степени стеснения потока погруженным льдом ε и может быть определен по графику, изображенному на рисунке 1.

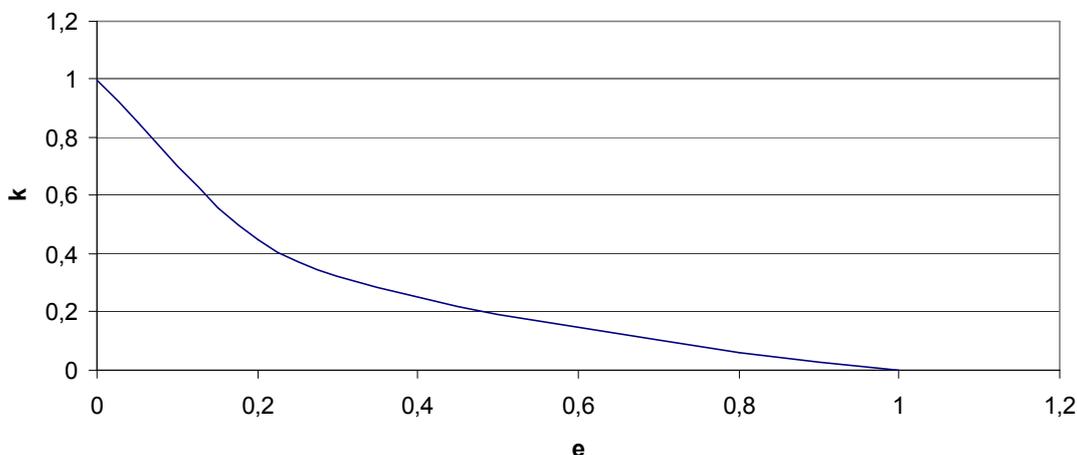


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента k от степени стеснения потока ε

Г.В. Железняков [3] предложил использовать для определения коэффициента k упрощенную зависимость

$$k = \frac{0,63}{\beta} , \quad (6)$$

где β – параметр, учитывающий неравномерность распределения глубины по ширине потока.

Величина параметра β может быть определена по формуле

$$\beta = \frac{\int_0^B \sqrt{h^3} db}{\sqrt{h_{cp}^3 B}} , \quad (7)$$

где h – глубина потока;
 h_{cp} – средняя глубина потока;
 B – ширина русла.

Для приближенных расчетов величину параметра β можно оценить по зависимости [3]

$$\beta = (2 - \alpha)^p , \quad (8)$$

где α – отношение средней глубины русла к наибольшей,

$$p = 1,1 - 1,3\alpha + 0,2\alpha^3 .$$

После подстановки (8) в (6) получаем зависимость для коэффициента k , учитывающего степень стеснения потока

$$k = \frac{0,63}{(2 - \alpha)^{1,1-1,3\alpha+0,2\alpha^3}} \quad (9)$$

По полученной зависимости (9) построен график (рисунок 2).

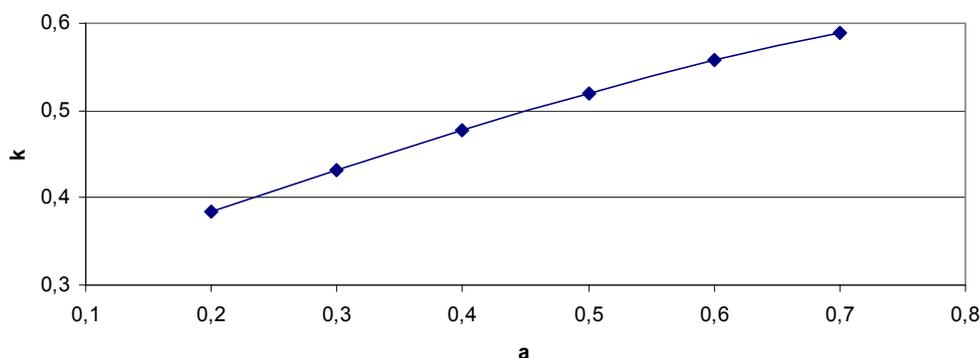


Рисунок 2 – Зависимость $k = f(\alpha)$

Вышеизложенная методика расчета пропускной способности рек при наличии ледяного покрова и внутриводного льда позволяет оценить затороопасность участков русла и дать заблаговременные прогнозы о необходимости проведения мероприятий, позволяющих предупредить возникновение наводнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Натурные гидрологические исследования при проектировании ГЭС / Я.Л. Готлиб, И.А. Кузьмин, Ф.Ф. Раззоронов, Н.М. Сокольников. -Л.: Гидрометеиздат, 1971. -268 с.
- 2 Железняков, Г.В. Гидрология и гидрометрия / Г.В. Железняков. -М.: Высш. шк., 1981. -264 с.
- 3 Железняков, Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек / Г.В. Железняков. -Л.: Гидрометеиздат, 1981. -311 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пропускная способность, лед, русло
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Дегтярева Вера Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

А.О. Ничипорук

MODERN STATE AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL REGULATION ON INLAND WATER TRANSPORT
 «Volga state academy of water transport»
 A.O. Nichiporuk

The article describes the development of the technical regulation on river transport, specified complexity, arising in the process of development and adoption of technical regulations in this sphere. Identified problems and negative factors impeding the effective implementation of the requirements of technical regulations and the further development of the technical regulation on internal water transport.

Keywords: technical regulation, internal water transport, standardization of inland water transport

Рассмотрено развитие технического регулирования на речном транспорте, указаны сложности, возникшие в процессе разработки и принятия технических регламентов в данной сфере. Выявлены проблемы и негативные факторы, препятствующие эффективной реализации требований технических регламентов и дальнейшему развитию технического регулирования на внутреннем водном транспорте.

Основу системы технического регулирования на речном транспорте, помимо основополагающего закона «О техническом регулировании», должен составлять специальный технический регламент «О безопасности внутреннего водного транспорта и связанной с ним инфраструктуры». В обеспечение данного регламента и приведение в соответствие с совре-

менными требованиями планируется создание системы национальных стандартов и стандартов организаций (рисунок), для чего образован Технический комитет по стандартизации ТК 032 «Внутренний водный транспорт» с ведущей ролью Ассоциации портов и судовладельцев речного транспорта при участии федеральных агентств, ряда организаций, занимающихся научными и исследовательскими разработками, а также эксплуатационных предприятий (судоходных компаний и портов) [1].

ТК 032 объединяет предприятия и организации, являющиеся непосредственными участниками рынка продукции и услуг в области деятельности ТК или имеющие косвенный интерес в данной области, а также физических лиц, являющихся специалистами в сфере деятельности ТК.

В области стандартизации ТК организует и осуществляет:

- разработку и экспертизу проектов национальных, межгосударственных и международных стандартов;

- участие в формировании планов разработки национальных стандартов в закрепленной области деятельности.

Рабочими органами ТК являются подкомитеты (ПК), создаваемые на добровольной основе, в которые входят специалисты в сфере его деятельности. ПК подготавливают в закрепленной за ними сфере деятельности предложения по плану разработки национальных стандартов, проекты стандартов и других нормативных документов по стандартизации с учетом результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических и проектных работ, проводимых организациями, результатов патентных исследований и другой информации о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники.

Таким образом, в результате функционирования и работы технического комитета ТК 032 и его подкомитетов должна формироваться двухуровневая система технического регулирования из технических регламентов, содержащих обязательные к исполнению требования, и стандартов, носящих добровольный характер и обеспечивающих, а также детализирующих указанные требования.

Следует подчеркнуть, что основной трудностью при формировании системы технических регламентов в транспортной и смежных отраслях экономики является долгая процедура их разработки, согласования и принятия. Подобная участь постигла и технический регламент «О безопасности внутреннего водного транспорта и связанной с ним инфраструктуры», принятый в августе 2010 г. после многолетней разработки и обсуждения семи редакций. При этом, например, пятая редакция содержала 621 страницу [2]. После того, как состоялись общественные слушания проектов водных регламентов в Минпромэнерго России (а не при Министерстве транспорта, что соответствовало бы специфике данного специального регламента), было предложено изъять из проекта нормы о добровольной сертификации как не являющиеся предметом технического регламента, а также исключить объекты, относящиеся к судостроению, судовому и общему машиностроению, приборостроению, а также тексты, относящиеся к технической эксплуатации указанного оборудования [3]. Соответственно, последняя, седьмая редакция проекта претерпела значительные изменения и составила всего 211 страниц [4]. Окончательный вариант регламента, принятый Правительством РФ, занял 190 страниц [5, 6].

Процесс согласования текста регламента оказался весьма длительным, осложненным значительными бюрократическими затруднениями. Российским Речным Регистром (разработчиком технического регламента) в течение нескольких лет велась переработка регламента в соответствии с требованиями и замечаниями нескольких федеральных ведомств. В результате затянувшейся процедуры согласования статус принимаемого технического регламента «О безопасности внутреннего водного транспорта и связанной с ним инфраструктуры» сменился с федерального закона на постановление Правительства. Как следствие, возникла необходимость его дальнейшей переработки просто по той причине, что обычная

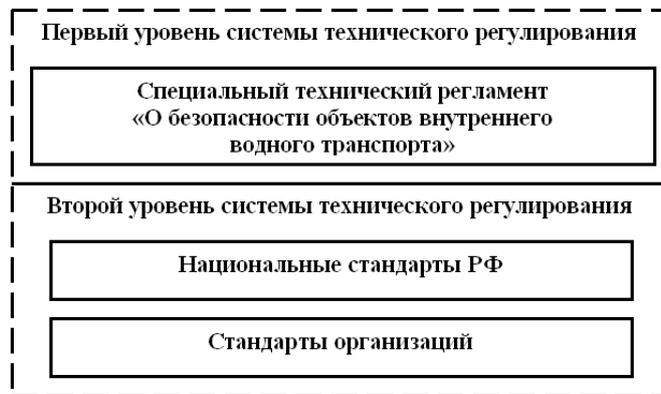


Рисунок – Предлагаемая система технического регулирования на внутреннем водном транспорте РФ

структура федерального закона несколько отличается от структуры постановления Правительства.

Также особо следует подчеркнуть, что в обсуждении последних редакций регламента практически не принимали участия представители организаций внутреннего водного транспорта – судоходных компаний и портов. Это говорит либо о недостаточном внимании к нормативному документу со стороны тех, кто должен будет в будущем соблюдать его требования, либо об игнорировании их позиции со стороны разработчиков. В любом случае это расходится с пропагандируемым сторонниками реформы технического регулирования в нашей стране снижением административного давления со стороны контролирующих органов посредством учета интересов участников рынка и представителей транспортных организаций при разработке технических регламентов.

Следовательно, можно сделать вывод об излишней бюрократизации и усложнении процедуры разработки и принятия технического регламента, результатом чего явилось плановое, но малоэффективное обсуждение проектов регламента. Тем не менее, технический регламент «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта» был внесен в Правительство РФ на обсуждение в марте 2010 г. и принят постановлением №623 от 12 августа 2010 г. [5, 6].

Аналогично принятому техническому регламенту на морском транспорте в регламенте «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта» присутствует множество детализированных и конкретизированных параметров как по тексту, так и в приложениях, которые в случае своей смены потребуют пересмотра и нового утверждения данного нормативно-технического акта.

В течение полугода после утверждения технического регламента Министерство транспорта РФ и заинтересованные ведомства должны представить в Правительство проект перечня национальных стандартов, необходимых для обеспечения применения и исполнения его требований. При этом особо следует подчеркнуть, что сам технический регламент вступает в силу по истечении 18 месяцев после своего официального опубликования. Таким образом, подразумевается (но в постановлении Правительства никоим образом не зафиксировано), что к этому моменту должен быть не только разработан и утвержден упомянутый перечень, но также должно завершиться формирование нормативно-технической базы соответствующих национальных стандартов.

Применительно к разработке стандартов, которые должны стать вторым уровнем системы технического регулирования на внутреннем водном транспорте, ситуация выглядит следующим образом. Первоначальный план разработки включал два национальных стандарта и пять стандартов организации. Однако в силу снижения финансирования (всего на 40% от рассчитанных исходя из трудоемкости объемов) привлечь различные организации к разработке обозначенных национальных стандартов не удалось. В результате их разработка была перенесена на 2010 год, но в связи с повторением ситуации с уменьшением финансирования, чего справедливо опасалось руководство технического комитета, стандарты в указанном году так и не были разработаны.

В свете вышесказанного можно сделать вывод, что на внутреннем водном транспорте, аналогично другим видам транспорта, реализация реформы технического регулирования, началом которой послужило принятие соответствующего федерального закона [7, 8], идет слишком медленными темпами, что явно не соответствует заявленным программам и не обеспечивает скорейшего перехода от систем обязательной стандартизации и сертификации к системе обязательных технических регламентов и добровольных стандартов.

Основными причинами сложившегося положения являются проблемы финансового, но в большей степени организационного характера:

- недостаточно продуманная схема разработки и принятия регламентов;
- затянутая процедура обсуждения и согласования, вызванная отчасти недостатком компетенции координирующих органов;
- отсутствие участия в разработке регламента «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта» предприятий внутреннего водного транспорта, осуществляющих коммерческую и эксплуатационную деятельность;
- постоянно вносимые изменения в программы разработки регламентов, изменение статуса принимаемых документов, что направлено на ускорение процедуры их утверждения, но на деле лишь еще больше усложняет и затягивает этот процесс.

Мероприятия, направленные на упрощение и облегчение выполнения требований рег-

ламенты «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта», должны не только обеспечивать переход на внутреннем водном транспорте к новой системе технического регулирования, но и позволять оперативно корректировать отдельные технические требования к безопасности внутреннего водного транспорта и объектов его инфраструктуры, тем самым стимулируя инновационное развитие транспортной и смежных с ней отраслей, поддерживая функционирование речного транспорта на должном техническом уровне, без отставания от конкурентов, как зарубежных, так и отечественных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О создании технического комитета «Внутренний водный транспорт»: приказ Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 20 июня 2008 г. №1980. -М.: Минпромторг России, 2008. -3 с.
- 2 О безопасности внутреннего водного транспорта и связанной с ним инфраструктуры: техн. регламент: проект. -5-я ред. -М.: Рос. Реч. Рег., 2006. -621 с.
- 3 От ГОСТов – к законам [Электронный ресурс] // Трансп. России. -2006. -№27 (419). -Режим доступа: <http://old.transportrussia.ru/>.
- 4 О безопасности внутреннего водного транспорта и связанной с ним инфраструктуры: техн. регламент: проект. -7-я ред. -М.: Рос. Реч. Рег., 2008. -211 с.
- 5 Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 авг. 2010 г. №623. -М., 2010. -2 с.
- 6 Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта / Правительство Рос. Федерации. - М., 2010. -190 с.
- 7 Техническое регулирование: учебник / под ред. В.Г. Версана, Г.И. Элькина. -М.: Экономика, 2008. -678 с.
- 8 О техническом регулировании: федер. закон от 27 дек. 2002 г. №184-ФЗ. -М.: ТК Велби : Проспект, 2005. -32 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *техническое регулирование, внутренний водный транспорт, стандартизация на речном транспорте*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Ничипорук Андрей Олегович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *603950, г. Н. Новгород, ул. Нестерова, 5а, ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

ПЕРЕХОД ОТ ТОКОВО-ИМПУЛЬСНОЙ ЗАЩИТЫ К МОНИТОРИНГУ ТЯГОВОЙ СЕТИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

С.М. Кузнецов, И.С. Демиденко

TRANSITION FROM CURRENT-TRANSIENT PROTECTION TO TRACTION MONITORING

«Novosibirsk state technical university»

S.M. Kuznetsov, I.S. Demidenko

The analysis of existing current-pulse protection and identified major shortcomings. Existing digital protection were examined and new control of organization of traction railways protect was presented.

Keywords: monitoring, relay-differential shunt, switch, digital protection, automation, setting

Проведен анализ работы существующих токово-импульсных защит и выявлены основные недостатки. Рассмотрены существующие цифровые защиты и представлена новая организация управления защитой тяговой сети железных дорог.

Токово-импульсные защиты реализуются в основном с помощью реле-дифференциальных шунтов типа РДШ, в комплекте с фидерными выключателями серии ВАБ. Это реле постоянного тока, последовательно включаемое в силовую цепь (фидер, рисунок 1а), имеет токоведущую часть 1 и 2, пакеты изолированных стальных листов 3, магнитопровод 8 и подвижную часть 4 и 5, с блок-контактами 6 и 7 (рисунок 1б) [1]. РДШ отстраивается по характеристике (рисунок 1в), соответствующей своей постоянной времени T изменения тока I и устанавливает связь между относительным номинальным скачком тока фидера $\Delta I_x = \Delta I_{cp} / I_y$ при котором срабатывает реле и током, предшествующим скачку $I_x = I / I_y$. Здесь ΔI , I и I_y , соответственно, скачок тока, вызывающий срабатывание реле, предшествующий ему установившийся ток и уставка реле при бесконечно медленном нарастании тока (далее статическая уставка).

В процессе длительной (более 50 лет) эксплуатации защиты выявилось два основных недостатка.

Первый состоит в том, что по мере увеличения предшествующего установившегося тока скачок, вызывающий срабатывание реле, уменьшается, что следует из характеристик рису-

нок 1а. В эксплуатации это иногда приводит к ложным срабатываниям реле из-за скачков тока при пуске поезда.

Второй недостаток заключается в том, что вследствие электромеханического принципа действия и конструкции, содержащей инерционные элементы в подвижной части реле оно не различает отдельных быстро следующих друг за другом скачков тока, а реагирует на них как на единый большой скачок, что также приводит к ложным отключениям при пуске поезда.

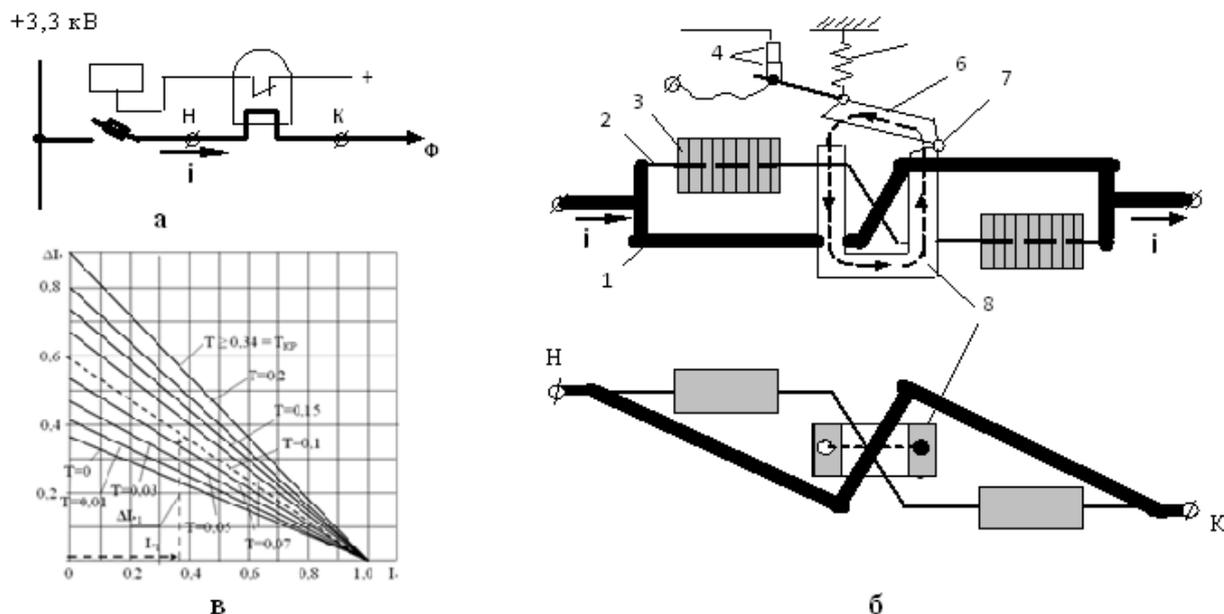


Рисунок 1 – Схема включения реле РДШ в цепь фидерного выключателя (а); схема конструкции реле РДШ (б); семейство характеристик срабатывания защиты (в)

В настоящее время контроль защит и автоматики тяговой сети осуществляется испытанием и проверкой настройки реле РДШ (динамическая уставка), работы автоматического повторного пуска и МТЗ (статическая уставка) [2].

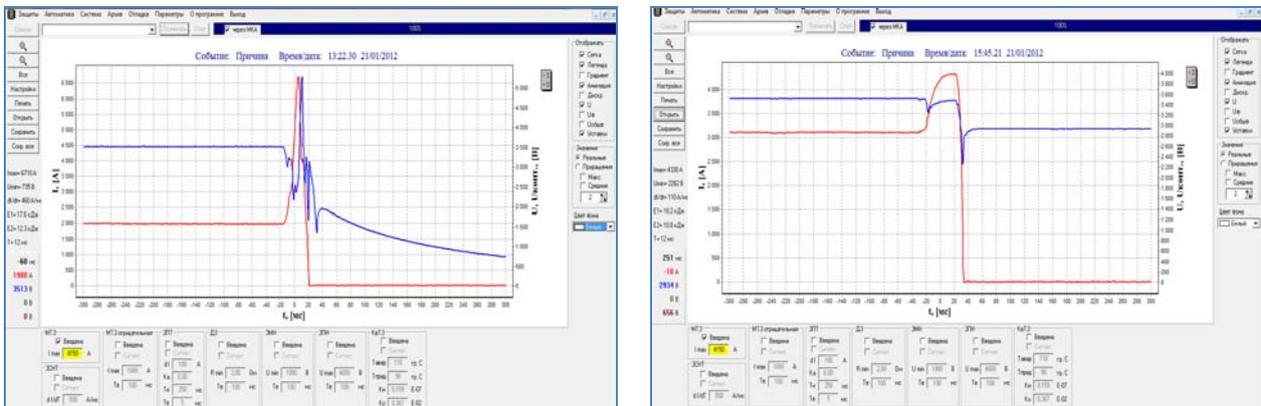
Внедрение устройств электронной цифровой защиты и автоматики позволяет выполнять функции релейной защиты в комплектных распределительных устройствах (КРУ) тяговых подстанций (ТП), а так же функций противоаварийной автоматики, измерения, контроля и сигнализации, местного и дистанционного управления коммутационными аппаратами в одном микропроцессорном блоке и выносных датчиках.

Устройство цифровой защиты и автоматики (ЦЗиА) совместимо с системой телемеханики может включаться в автоматизированную систему управления (АСУ) тяговой подстанции в качестве подсистемы нижнего уровня. ЦЗиА может выполнять следующие основные функции: контроль тока и напряжения перед наступлением переходного процесса (300 мс), переходный процесс, при стационарном (рисунок 2а) и аварийном (рисунок 2б) режимах и выдавать параметры характеризующие режим (скорость изменения тока, приращение, абсолютная величина тока и напряжения, ряд энергетических величин). Осциллограммы и параметры хранятся в памяти микропроцессора и могут быть считаны на переносной компьютер для последующего анализа.

Настройки программы управления устройством производятся с помощью персональной ЭВМ. Для этого на каждый фидер контактной сети, где установлено устройство ЦЗиА по очереди подключается ЭВМ и отстраивается программа. При подключении таким способом не возможны постоянный контроль и управление устройством ЦЗиА. Возникает проблема анализа функционирования ЦЗиА и защиты тяговой сети смежных фидеров и распределителя выпрямленного тока в целом.

Для решения данной проблемы предлагается использовать систему удаленного доступа, при которой все устройства ЦЗиА фидеров контактной сети связаны и подключены по витой паре через интерфейс RS-485 к общему компьютеру подстанции. ЦЗиА применимы для любого вида электрического транспорта: железнодорожный, метрополитен, городской, на рисунке 3 показана реализация удаленного доступа устройства на примере опытной системы типа ЦЗАФ-3,3 для железнодорожного транспорта. Чтобы с помощью com-порта под-

ключиться к персональному компьютеру подстанции установлен преобразователь интерфейса RS-485/RS-232. Компьютер соединён с локальной сетью или интернетом. Имея параметры и пароли от компьютера подстанции, можно свободно войти в ЭВМ подстанции и контролировать процессы, записанные цифровым устройством в удаленном режиме. Это значительно облегчает работу эксплуатационного персонала в части анализа.



а)

б)

Рисунок 2 – Стационарный режим (а), аварийный режим (б)

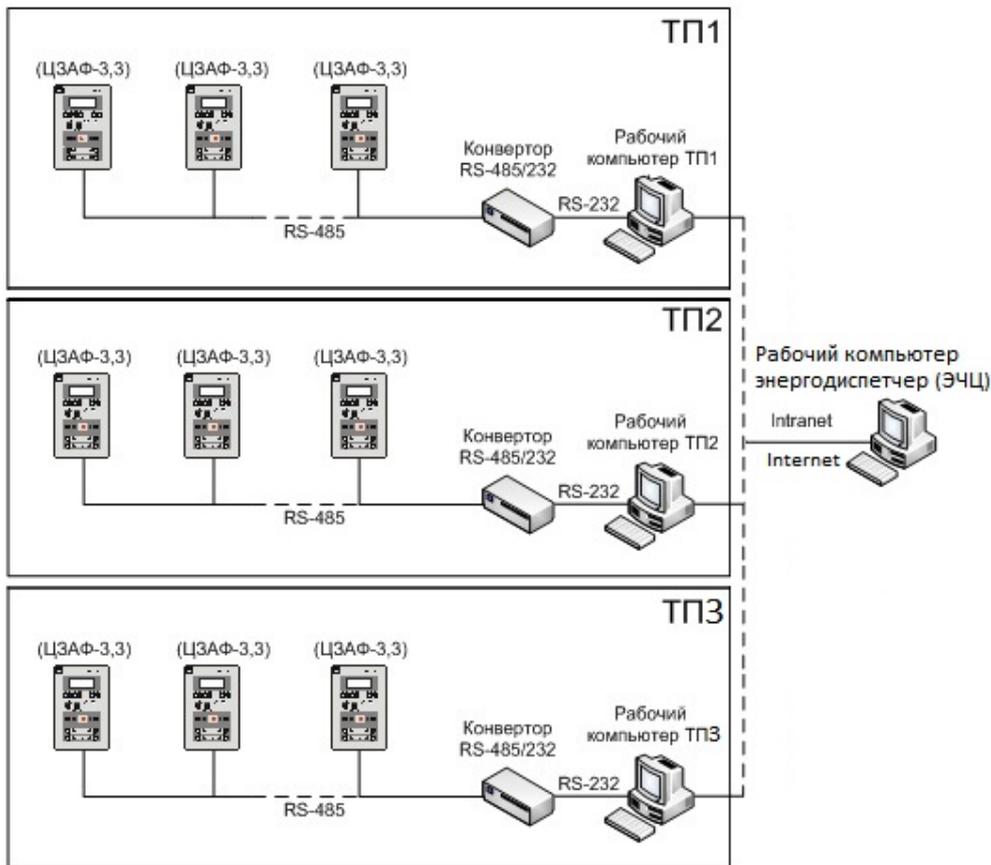


Рисунок 3 – Реализация удаленного доступа устройства ЦЗАФ-3,3

В памяти компьютера для каждого фидера непрерывно записываются ток и напряжение, начало и конец записи зависит от индивидуальной уставки тока, для стационарного и аварийного режимов в отличие от осциллограмм рисунок 2а и 2б, записываемых только в момент срабатывания защиты Информацию необходимо анализировать совместно с поездной ситуацией за контролируемый отрезок времени. Это позволяет выявить не штатные ситуации в межфидерной зоне, исследовать их на имитационной модели и откорректировать уставки, либо записать в режимную карту автоматическое (дистанционное) изменение уставок

на время существования такой ситуации (например, проследование сдвоенного поезда, работы на путях связанные с ограничением скорости и другое) [2].

Для реализации функции дистанционного изменения уставок в вынужденных режимах работы тяговой сети по режимным картам, рабочий компьютер тяговой подстанции целесообразно подключить на сервер энергодиспетчера. В этом случае энергодиспетчер может изменять уставки фидеров контактной сети оперативно, что повысит надежность электрооборудования подвижного состава. Режимная карта уставок должна быть рассчитана для каждого участка контактной сети на математической модели [3] с учетом анализа мониторинга. Практически при настройке в компьютер подстанции прописывают одну уставку, для наиболее вероятного режима работы, изменение уставок может быть осуществлено эксплуатационным персоналом при изменении режима работы тяговой сети или энергодиспетчером в вынужденном режиме (например, изменение схемы питания, пропуск особо тяжелых поездов).

Такую организацию эксплуатации управления, защиты и автоматики системы электрооборудования транспорта можно считать мониторингом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кузнецов, С.М. Защита тяговой сети от токов короткого замыкания: учеб. пособие / С.М. Кузнецов. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. -352 с.

2 Исследование на математической модели переходных процессов в тяговой сети железных дорог постоянного тока при пуске поезда / С.М. Кузнецов, И.С. Демиденко, М.В. Ярославцев, А.В. Гашкова, А.О. Кривова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№2. -С. 324-328.

3 Выбор установок электронных защит с коррекцией на имитационной модели / С.М. Кузнецов, И.С. Демиденко, А.М. Шелепов, А.В. Гашкова // Транспорт: наука, техника, управление. -2011. -№12. -С. 21-27.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг, реле-дифференциальный шунт, выключатель, цифровая защита, автоматика, уставка

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кузнецов Сергей Михайлович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Демиденко Иван Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.Л. Манаков

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE MACHINES IN THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF TRANSPORTATION NETWORKS
«Siberian state transport university»
A.L. Manakov

Statistical investigation of the distribution of failures in systems of transport and technological machines involved in the production process of construction and reconstruction of transportation networks, shows the number of failures of operating time to failure on the main elements of the machine, an approach to the management of wear of machine elements.

Keywords: organization, transport and technological machines, technical operation, components, wear, failure

Выполнены статистические исследования распределения отказов по системам транспортно-технологических машин, занятых в производственных процессах строительства и реконструкции транспортных сетей, приведены зависимости количества отказов от времени наработки до отказа по основным элементам машин, предложен подход к управлению изнашиванием элементов машин.

Транспортные сети страны, представляющие собой совокупность железных и автомобильных дорог, портов и аэродромов нуждаются в постоянном развитии и техническом содержании, определяемом действующими в каждой отрасли нормативными документами и регламентами. Многообразие технологических процессов транспортного строительства и содержания объектов инфраструктуры транспортных сетей требует для их реализации привлечения широкого спектра строительных и транспортно-технологических машин. Масштабность транспортных сетей и проектов транспортного строительства, разнообразие видов работ обуславливает их организационно-технологическое объединение в машинные комплексы.

сы и парки, состоящие из высокопроизводительных современных машин и физически и морально устаревшей техники, неоднородной по своему составу. Эффективная организация работы машинных парков в условиях конкуренции на рынке транспортных услуг побуждает к созданию гибких систем технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р), оперативно реагирующих на изменение фактического состояния узлов машин. Такой подход становится особенно актуальным, так как позволяет повысить эффективность эксплуатации машин за счет снижения количества аварийных простоев. Неотъемлемыми условиями разработки таких систем ТО и Р на основе оценки фактического технического состояния парков машин для повышения их безотказности, долговечности и эксплуатационного потенциала являются: использование средств диагностики для раннего распознавания неисправностей всех составных элементов машин; контроль качества выполненных ремонтных работ; сбор, хранение, обработка всей информации о состоянии ресурсов системы ТО и Р на ЭВМ; организация производства по сервисному обслуживанию парков, комплектов и отдельных машин; подготовка высококвалифицированных инженерных кадров, специализирующихся в области технического сервиса.

Экономическая эффективность производственной деятельности транспортного предприятия в значительной мере зависит от применения машин по назначению, выбранных режимов их работы, технического состояния и надежности. Эти факторы оказывают существенное влияние на исправное состояние машин, при котором они соответствуют всем требованиям технической документации.

При эксплуатации машин неизбежно возникают отказы, которые можно объединить в три группы [1]:

- внезапные (повреждения).....8-10%;
- постепенные (изнашивание).....80-90%;
- аварийные4-8%.

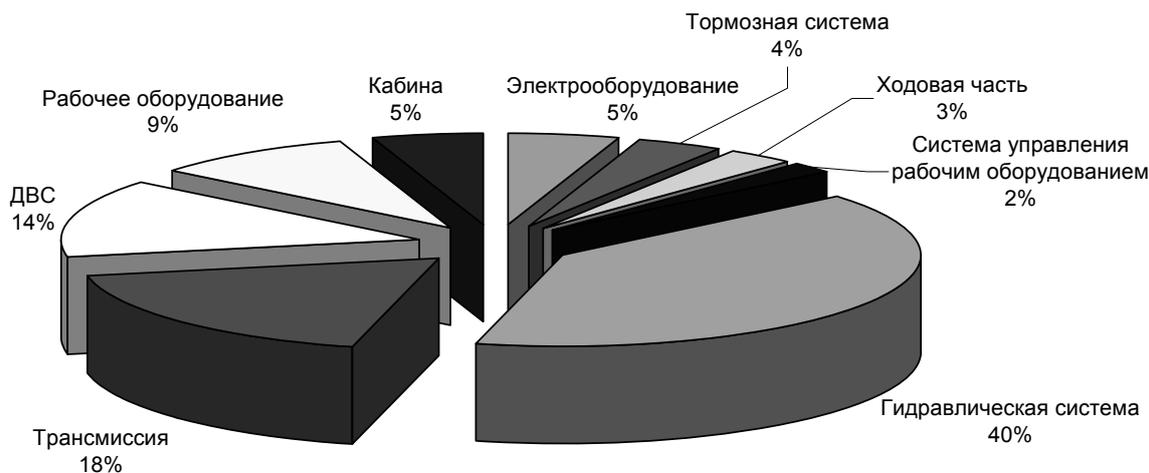


Рисунок 1 – Распределение отказов по системам машины и наработке машины CAT-428

Функционирование множества парков приводит к неопределенности даже в постановке задачи об организации и управлении технической эксплуатацией СМТС. Основные самоходные машины, используемые в транспортном строительстве, имеют достаточное количество однотипных или схожих агрегатов, механизмов и узлов. Это позволяет построить схему виртуальной машины, увязывающей в единое целое основные ее элементы. Согласно этой схеме нами выполнены статистические исследования распределения отказов по системам машины и наработке машины САТ-428 (рисунок 1) и отказов самосвалов (рисунок 2). На рисунке 3 и 4 приведены зависимости количества отказов (ординаты) от времени наработки до отказа в мото·ч (абсциссы) по основным элементам машин. Полученные данные позволяют прогнозировать отказы во времени по элементам машин.

Причины отказов приведены на рисунке 5 и 6, а их классификация – на рисунке 7. К наиболее распространенным видам дефектов относятся постепенные отказы. Задача прогнозирования и профилактики постепенных отказов, обусловленных изнашиванием поверхностных слоев трущихся тел, является достаточно сложной.

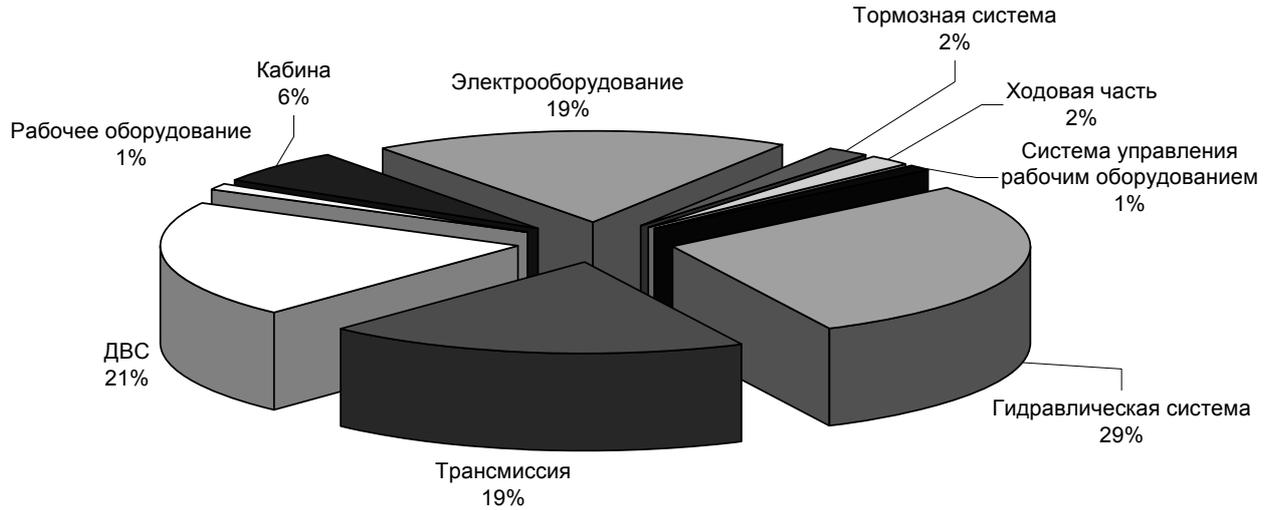


Рисунок 2 – Распределение отказов по элементам самосвалов

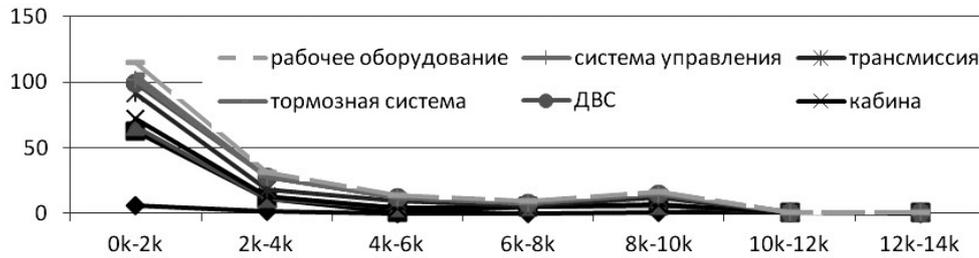


Рисунок 3 – Количество отказов как функция времени наработки до отказа машины CAT-428

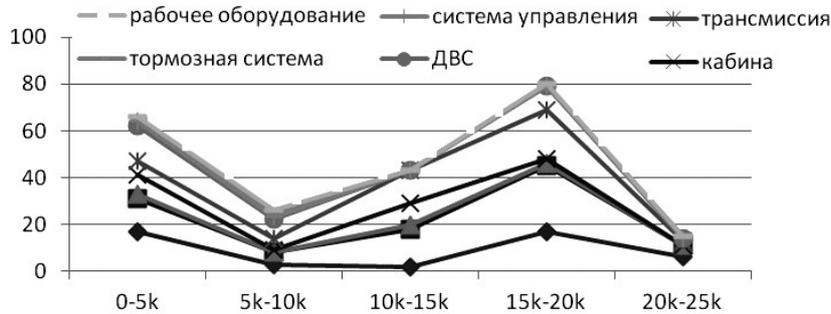


Рисунок 4 – Количество отказов как функция времени наработки до отказа элементов самосвалов

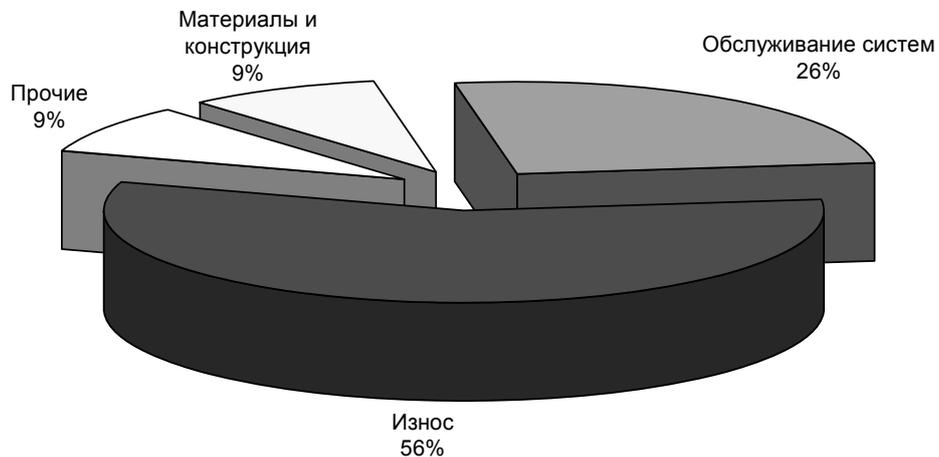


Рисунок 5 – Количество отказов по видам дефектов

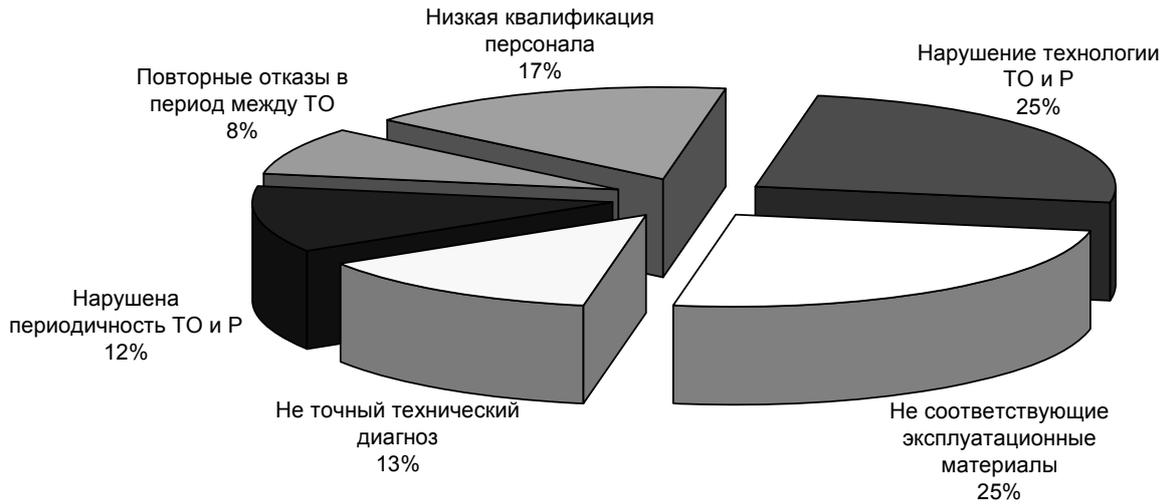


Рисунок 6 – Количество отказов при обслуживании систем

Определить вид дефекта без разборки узла не представляется возможным. А так как подавляющее большинство отказов обусловлено изнашиванием (рисунок 5), то на их анализе, имеющем своей целью совершенствование системы ТО и Р, следует остановиться подробнее.

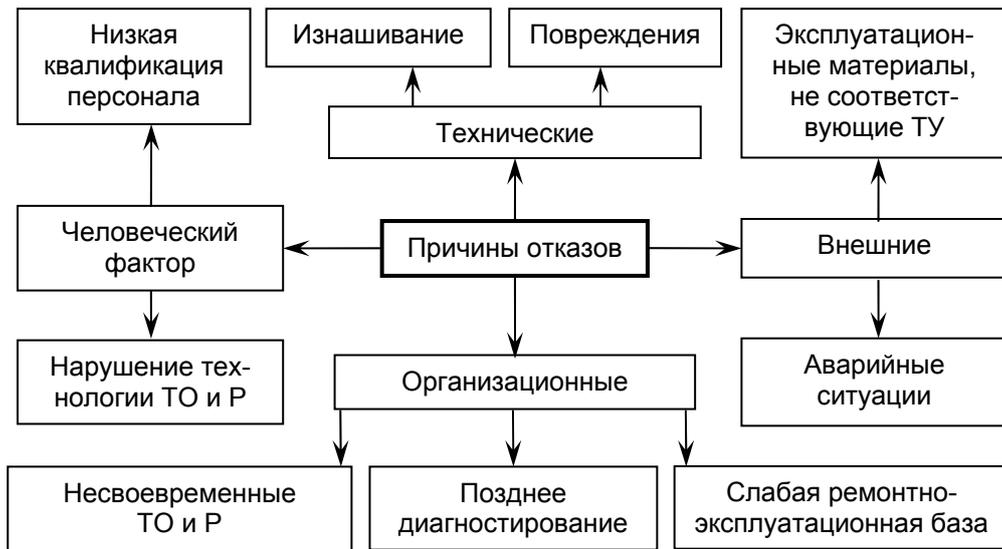


Рисунок 7 – Классификация причин отказов

Интенсивность изнашивания пар трения зависит от свойств материала деталей, технологической подготовки поверхностей и их качества, а также от условий эксплуатации – нагрузки, температуры, смазки и др.

При постоянных условиях трения имеют место три стадии процесса изнашивания: приработка, период установившегося режима и катастрофический износ. Приработка имеет место при каждой разборке и установке новых агрегатов, сборочных единиц и узлов или замены в них отдельных деталей. Поэтому приработку можно рассматривать как множественный процесс, оказывающий существенное влияние как на длительность периода установившегося режима изнашивания отдельной пары трения, так и на долговечность машины в целом.

Приработка поверхностей трения характеризуется, как правило, более интенсивным изнашиванием трущихся поверхностей и повышенным тепловыделением, сопровождающимся как изменением физико-механических свойств поверхностных слоев материала, так и изменением микрогеометрии поверхностей. В процессе приработки происходит интенсивное разрушение тех неровностей, которые обладают наименьшей способностью «выжить» в данных условиях трения, и образуются новые неровности, отличные от исходных по форме и размерам. Экспериментально установлено, что в различных условиях и разных парах трения всегда устанавливается после приработки поверхностей равновесная шероховатость,

характерная для заданных условий трения, которая в дальнейшем не изменяется и воспроизводится в процессе трения.

Особое внимание следует обратить на то обстоятельство, что исходная шероховатость не оказывает заметного влияния на равновесную шероховатость. По существу, равновесная шероховатость определяется конструктивными особенностями пар трения. Поэтому для быстро изнашиваемых узлов трения, подвергающихся разборке в процессе их обслуживания или ремонта, могут применяться технологические методы повышения износостойкости отдельных деталей, подлежащих замене. При этом выбор того или иного метода, отличающегося создаваемой начальной шероховатостью контактных поверхностей, не приведет к увеличению времени приработки. Более того, в этом случае может быть обеспечен минимальный износ сопряжения в процессе приработки и ее сокращение при одновременном уменьшении износа в установившемся режиме.

В первую очередь необходимо минимизировать отказы «слабых звеньев», то при прогнозировании обслуживающих воздействий следует ввести их ранжирование по времени безотказной работы, показателем которой может служить линейная интенсивность изнашивания [2]

$$I = \frac{V_{\Sigma}}{A_a L}, \quad (1)$$

где V_{Σ} – объем материала, удаленного на пути трения L ;
 A_a – номинальная площадь контакта.

Интенсивность изнашивания I является безразмерной величиной и может изменяться в широких пределах – от 10^{-3} до 10^{-12} . При износе машины происходит ухудшение ее начальных параметров, причем разные параметры изменяются в процессе эксплуатации с неодинаковой скоростью. Чтобы оценить потерю работоспособности машины в целом, надо установить зависимость между износом, сроками службы отдельных узлов и ее выходными параметрами. Так как в процессе эксплуатации машина подвергается различным видам технических воздействий, то ее износ может быть оценен с двух основных позиций:

- по суммарным затратам времени (и соответственно средств) для восстановления утрачиваемой работоспособности (долговечность машины);
- по вероятности сохранения начальных параметров машины в допустимых пределах в течение заданного периода эксплуатации (безотказность машины).

Показателем первой позиции может служить коэффициент технической готовности (коэффициент долговечности).

$$K_{ТГ} = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_p}, \quad (2)$$

где $T_{раб}$ – время работы машины за весь период эксплуатации;
 T_p – суммарное время простоев машины по причине отказа.

Вероятность безотказной работы $P_i(t)$ может применяться в качестве количественного критерия надежности. При расчете вероятности безотказной работы за некоторую наработку t по нескольким выходным параметрам общая безотказность при n независимых параметрах

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (3)$$

где t – наработка детали или узла.

Комплексным показателем эксплуатационной надежности является коэффициент технического использования

$$K_{ТМ} = \frac{T_{раб}}{T_{раб} + T_p + T_{ТО}}, \quad (4)$$

где $T_{ТО}$ – время простоев машины, обусловленных техническими обслуживаниями.

Таким образом, безотказность и долговечность можно рассматривать как показатели качества технической эксплуатации (ТЭ) парка машин. Одной из задач, связанных с повышением качества ТЭ является выбор факторов, влияющих на интенсивность изнашивания, и разработка методов их корректировки.

Существует группа факторов, которыми можно управлять не только при проведении текущих, средних или внеплановых ремонтов, но и при технических обслуживаниях машин, выполняемых эксплуатационным предприятием. Структурную схему управления изнашиванием элементов машин в эксплуатационных условиях можно представить в виде, показанном на рисунке 8.



Рисунок 8 – Схема управления изнашиванием элементов машин

Проведенный анализ позволяет считать, что при технической эксплуатации машин, то есть при проведении ТО и Р, имеются технические возможности для управления процессом изнашивания элементов машин, которые могут быть рекомендованы, после соответствующей проработки, для практического использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Российская энциклопедия самоходной техники. В 2 т. Т.2. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: справ. и учеб. пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». -М.: Просвещение, 2001. - 358 с.
- 2 Трение, изнашивание и смазка. В 2 кн. Кн. 1: справочник / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. -М.: Машиностроение, 1978. -460 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организация, транспортно-технологические машины, техническая эксплуатация, узлы, износостойкость, отказ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Манаков Алексей Леонидович, канд. техн. наук, и.о. ректора, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОТКАЗЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.С. Воробьев, А.В. Балахонцев, Р.М. Брызгалова, С.М. Кузнецов, И.Б. Репина

THE HUMAN IMPACT ON THE FAILURES OF TECHNICAL SYSTEMS OF RAIL TRANSPORT

«Siberian state transport university»

V.S. Vorobjev, A.V. Balahontcev, R.M. Brizgalova, S.M. Kuznetcov, I.B. Repina

Reliability are the key state of means of rail transport, the classification of human factors affecting their performance, is shown and proved the feasibility of probabilistic and statistical methods to assess the impact of human factors on hardware failures.

Keywords: hardware failures, human factors, the probability of failure, the duration of failures, risks, economic damage, railway transport

Приведены основные состояния надежности технических средств железнодорожного транспорта, дана классификация человеческих факторов, негативно влияющих на их работоспособность, показана и обоснована целесообразность применения вероятностно-статистических методов к оценке влияния человеческого фактора на отказы технических средств.

Распоряжением ОАО «РЖД» от 1 июля 2008 г. 1384р утверждено Положение о порядке учета, расследования и анализа случаев отказов в работе технических средств ОАО «РЖД» [1]. Учет, контроль устранения отказов технических средств и анализ их надежности осуществляется с использованием комплексной автоматизированной системы, предназначенной

для учёта, расследования и анализа отказов технических средств КАС АНТ (далее автоматизированная система). Однако, отказы, вызванные влиянием человеческого фактора, в этой системе не выделяются из-за отсутствия методологии их определения.

Человеческий фактор (ЧФ) – многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или алогичных решений в конкретных ситуациях. Ошибка – естественный побочный продукт деятельности человека.

Человеческие факторы в технике – характеристики человека (или группы людей) и машины (или технические системы), проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия в системе «человек-машина», функционирование которой определяется достижением поставленной цели.

Человеческий фактор может быть определён как набор присущих людям – физиологических и психологических возможностей и ограничений, которые, в случае непринятия их во внимание, могут стать причиной неправильных действий [2].

Нами выделены следующие причины, способствующие ошибочным действиям человека:

- недостатки информационного обеспечения, отсутствие или недостаточность информационной поддержки, отсутствие учёта человеческого фактора;
- ошибки, вызванные внешними факторами;
- ошибки, вызванные физическим и психологическим состоянием и свойствами человека;
- ограниченность ресурсов поддержки и исполнения принятого решения;
- эмоциональная напряженность;
- снижение негативной роли организационных факторов;
- снижение внимания в привычной и спокойной обстановке.
- неудовлетворительное психическое состояние человека;
- рассеивание внимания, возникающего при выполнении необходимых действий, в особенности при неожиданных отказах оборудования или внезапных изменениях ситуации.

В настоящей работе нами принята следующая классификация отказов по причине человеческого фактора (ЧФ):

- 1 Поведенческие факторы, выражающиеся в личных качествах исполнителей (нарушение дисциплины, психофизиологическая неустойчивость);
- 2 Медицинские факторы, выражающиеся в состоянии физического здоровья;
- 3 Эксплуатационные факторы, выражающиеся в отборе персонала, наличии опыта, знании железнодорожных систем;
- 4 Факторы, связанные с конструкцией оборудования;
- 5 Факторы связанные со сбором и передачей данных, выражающиеся в неправильной интерпретации устных сообщений, недостаточной координацией действий персонала;
- 6 Другие проявления человеческого фактора.

В настоящее время действует система показателей, характеризующих основные параметры места наступления отказа и его характеристики. Нами предложено дополнить их признаком наличия человеческого фактора. При проведении служебного расследования в соответствующую форму акта также включается признак наличия человеческого фактора.

Составляемые справки по отказам технических средств по итогам работы за квартал текущего года по причине влияния человеческого фактора включают дату, время и продолжительность отказов. Это позволило выполнить вероятностно-статистическую обработку данных, заключающуюся в корреляционно-регрессионном анализе, получении зависимостей числа отказов от их продолжительности, построении графиков

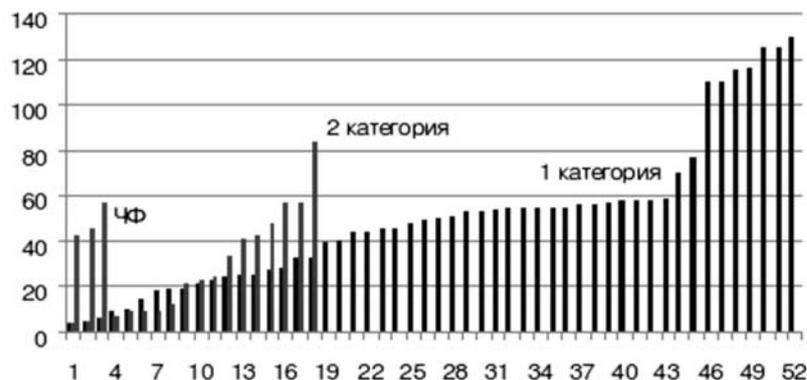


Рисунок 1 – Отказы контактной сети

плотности распределения вероятности отказа заданной продолжительности, функций или надежности распределения отказов, рисков их возникновения. Причем, расчеты и построение

ния выполнены по техническим отказам 1-й и 2-й категорий, а также отказов, вызванных влиянием человеческого фактора. Последние разделены по видам согласно приведенной выше классификации. На рисунке 1 приведены отказы контактной сети. По оси ординат приведена длительность отказов в минутах, по оси абсцисс – количество отказов.

Уравнение тренда для отказов 1 категории $y = 2,7703x^{0,8801}$;

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9549$;

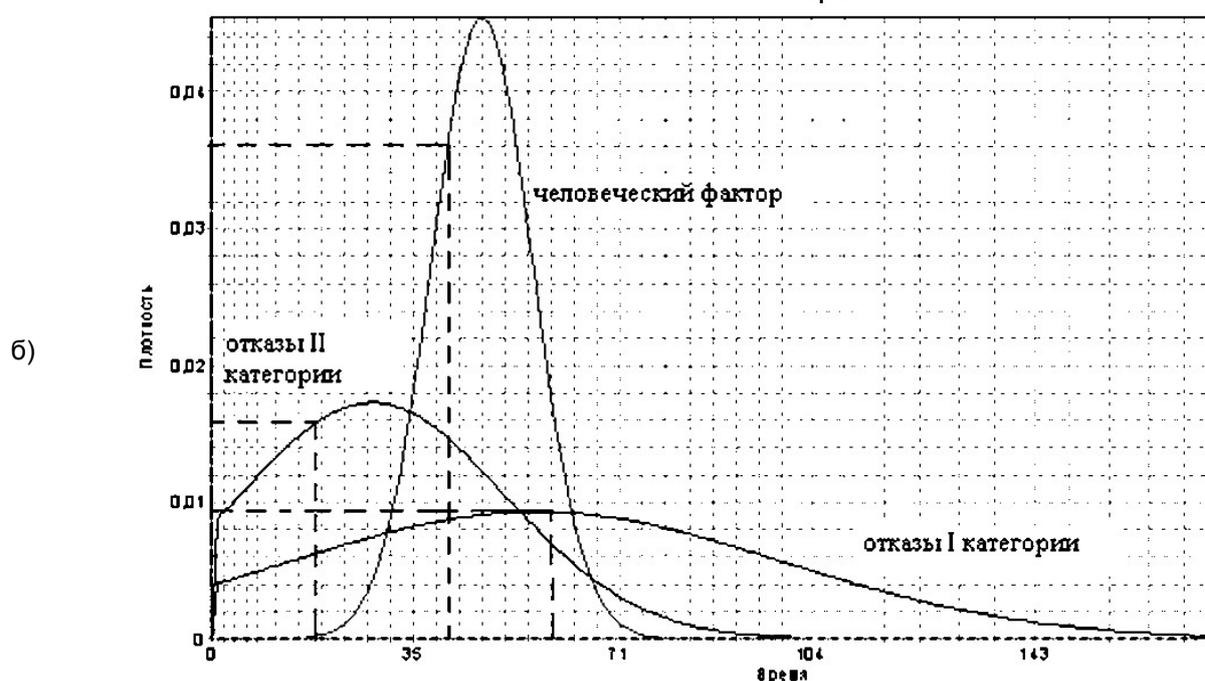
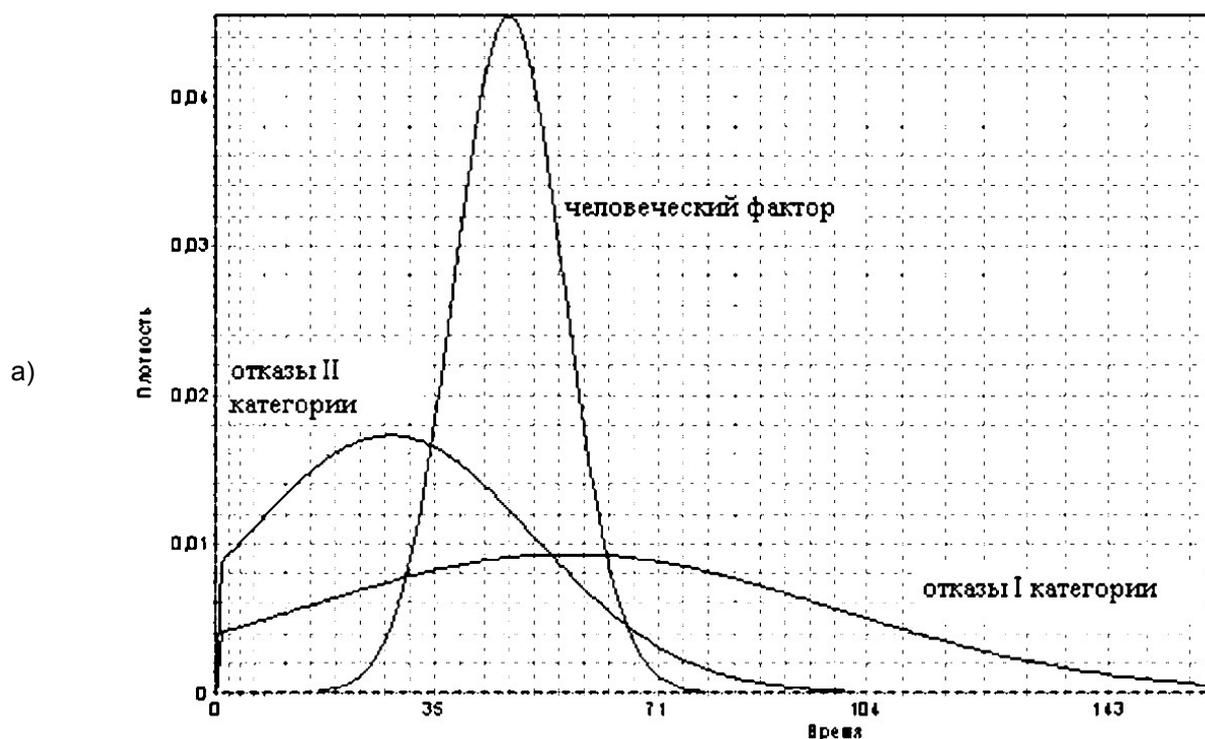
Уравнение тренда для отказов 2 категории $y = 3,429 \exp(0,1775x)$;

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9815$.

Уравнение тренда для отказов по причине влияния человеческого фактора $y = 4,5x^2 - 10,5x + 48$;

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$.

Вероятностные характеристики отказов приведены на рисунке 2.



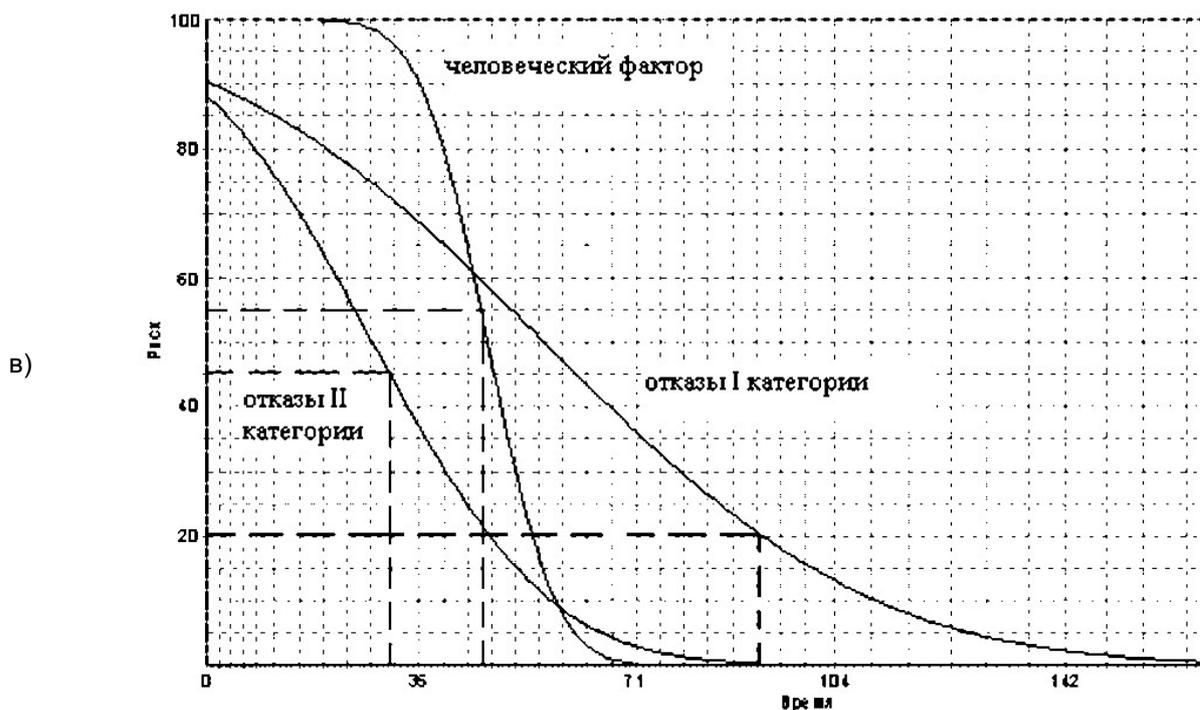


Рисунок 2 – Вероятностные характеристики отказов: а)-плотность; б)-надежность; в)-риск

Аналогичные расчеты выполнены по ряду служб. В таблице 1 приведены уравнения регрессии.

Таблица 1 – Сводная таблица уравнений регрессии по отказам 1-й, 2-й категорий и человеческому фактору

Наименование службы	1 категория	2 категория	Человеческий фактор
Путь	$y = 1,3792x^2 - 7,3258x + 10,064$	$y = 0,0907x^2 - 0,9271x + 6,5313$	$y = 3,3571x^2 - 14,7x + 19,2$
Контактная сеть	$y = 2,7703x + 0,8801$	$y = 3,429 \exp(0,1775x)$	$y = 4,5x^2 - 10,5x + 48$
СЦБ ж.д. автоматики и телемеханики	$y = 4,4188 \exp(0,1809x)$	$y = 0,1943x^2 + 0,6305x + 4,2206$	$y = 4,538 \exp(0,1328x)$
Линии СЦБ	$y = 13,044 \exp(0,0233x)$	$y = 7,3758 \exp(0,0061x)$	$y = 4,538 \exp(0,1328x)$
Пассажирские вагоны	$y = 5,7279 \exp(0,0321x)$	$y = 12x^2 - 27x + 25$	$y = 0,5083x + 6,8278$
Радиосвязь	$y = 0,103x^2 + 2,0063x + 12,364$	$y = 8,1358 \exp(0,0981x)$	–
Подвижной состав	$y = 10,329x + 0,8133$	$y = -3,1429x^2 + 30,486x - 15,2$	$y = 8,0119x - 3,9286$
Тяговая подстанция	$y = 5,5829 \exp(0,1542x)$	$y = 3,1453 \exp(0,1377x)$	$y = 0,0294x^2 + 0,4296x + 3,7485$
Локомотивы МВПС	$y = 5,8982 \exp(0,0192x)$	$y = 6,0908 \exp(0,0147x)$	$y = 0,0276x^2 + 0,4556x + 2,4832$
Диск КТСМ	$y = 4,0068 \exp(0,1546x)$	$y = 0,1192x^2 + 0,1731x + 6,75$	–
Объекты грузового хозяйства	$y = 71x^2 - 204x + 150$	$y = 5,2504x + 0,6615$	–
Устройство УКСПС	$y = 1,1555x + 4,1045$	$y = 1,2357x + 13,196$	–
СП	$y = 4,7186 \exp(0,1714x)$	$y = 9,3382 \exp(0,1091x)$	–
Грузовые вагоны	$y = 0,3424x + 0,8651$	$y = 0,7259x + 0,7673$	–

В таблице 2 представлены расчеты суммарной продолжительности отказов по службам (дирекциям).

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Таблица 2 – Сводная таблица по суммарной продолжительности отказов по службам (дирекциям)

Наименование	1 категория	2 категория	Человеческий фактор
Служба пути	1228	3038	112
Контактная сеть	2613	492	144
СЦБ ж.д. автоматики и телемеханики	7490	5997	644
Линии СЦБ	806	515	644
Пассажирские вагоны	1901	81	3219
Подвижной состав	641	263	257
Тяговая подстанция	393	414	1020
Локомотивы МВПС	7592	4680	1020
Радиосвязь	1064	829	–
Диск КТСМ	368	354	–
Объекты грузового хозяйства	220	523	–
Устройство УКСПС	2078	1605	–
Отказы по СП	206	1210	–
Грузовые вагоны	53520	6891	–

Для снижения влияния Человеческого Фактора на систему отказов необходимо изменить поведение человека, что требует определенного времени.

Превентивный подход к проблеме безопасности на железнодорожном транспорте основан на научных принципах ЧФ, включая:

- обучение всего персонала индивидуальным и коллективным приемам;
- создание организационных условий, способствующих стабильности приобретенных навыков с помощью систематического учета психофизиологических возможностей и ограничений человека;
- определение главной причины опасных ситуаций, вызванных влиянием человеческого фактора, с целью разработки профилактических мероприятий.

Учет влияния и особенно снижение количества отказов, вызванных человеческим фактором, является сложной научно-практической задачей, требующей изучения причин отказов, их статистической обработки. На основе данных КАСАНТ возможно построение системы управления потоком отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Положение о порядке учета, расследования и анализа случаев отказов в работе технических средств ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» от 1 июля 2008 г. 1384р.

2 Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на безопасность: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Байбурин Альберт Халитович. -СПб., 2012. -41 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отказы технических средств, человеческий фактор, вероятность появления отказов, продолжительность отказов, риски, экономический ущерб, железнодорожный транспорт

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Воробьев Валерий Степанович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Балахонцев Андрей Викторович, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Брызгалова Роксана Маратовна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Кузнецов Сергей Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

Релина Ирина Борисовна, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Савкин

**ANALYSIS OF THE MAJOR BACKLASHES FROM THE EXPLOITATION OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR
«Novosibirsk state academy of water transport»**

V.M. Savkin

This paper presents the major backlashes from the creation and long-term exploitation of the Novosibirsk reservoir.

Keywords: reservoir, shore, abrasion, siltation, ground waters

Освещаются основные негативные последствия, вызванные созданием Новосибирского водохранилища и его длительной эксплуатацией.

В настоящее время на основе Новосибирского водохранилища функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс, включающий питьевое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение, энергетику, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреацию. Избежание рисков в его использовании связано с гарантированной устойчивой обеспеченностью водой всех участников водохозяйственного комплекса [4].

В ряду негативных последствий создания Новосибирского водохранилища наибольшую опасность для окружающей среды, населения и объектов экономики представляют процессы переработки (абразии) берегов, в меньшей степени процессы подтопления и образования оврагов, а также заиление прибрежных заливов и засорение акватории плавающей древесины.

Абразия берегов. Берега Новосибирского водохранилища сложены в основном макропористыми суглинками, супесями, песками Приобского плато и I-IV надпойменных террас р. Оби. Формирование берегов в нижней и средней частях водохранилища происходит в основном под воздействием ветрового волнения и уровней воды в водоеме, в средней части заметна и роль стоковых течений. На отдельных участках верхней и средней частей водохранилища наблюдается современное оврагообразование, а в верхней – процессы подтопления [6].

В нижней части водохранилища (на расстоянии 60 км от плотины ГЭС) процессы переработки берегов в настоящее время происходят наиболее интенсивно и значительной их стабилизации не наблюдается. По протяженности берегов в нижней части размеры берегообрушения неодинаковы. Так левобережье нижней части водохранилища по развитию процессов берегопереработки можно разделить на две подзоны – верхнюю и нижнюю. В верхней подзоне (50-60 км от плотины) в пределах акватории водохранилища наблюдается большое количество островов, что в значительной степени препятствует развитию ветрового волнения. Среднее отступление берега в верхней подзоне до 2,0 м в год, в нижней – 7,0 м в год. Несмотря на сформировавшиеся прибрежные отмели, процессы берегопереработки продолжают и обусловлены как энергией волнения, так и другими факторами, в частности, воздействием склонового стока и развитием овражной деятельности.

По правобережью нижней части также можно выделить две подзоны: первая в 20-60 км от плотины, здесь отступление составляет до 3,0 м в год. В нижней подзоне интенсивность переработки значительно возрастает и достигает по отдельным участкам до 10,0 м в год. Эта подзона характеризуется максимальными величинами переработки берегов, не затухающей до настоящего времени. По левому и правому берегам подзоны выполнены основные берегоукрепительные мероприятия (пляж Академгородка СО РАН, лесопарковая зона ГЭС, пос. Ленинское, Бердская стрелка).

В целом по водохранилищу к началу нормальной эксплуатации (1960 г.) протяженность абразионных берегов составляла 115 км (20% от общей длины), площадь потерянных земель около 4 км² [4]. К концу первого десятилетия его эксплуатации переработкой было охвачено уже 250 км береговой линии (50%), а потери земель составили 10 км². В последующие десятилетия протяженность абразионных берегов увеличилась до 400 км [3]. Потери земель к концу XX-го века составили 22 км², при этом вырублено около 1000 га прибрежных лесов.

Процесс размыва береговых склонов водохранилища оказался более длительным, чем прогнозировалось. Многолетние наблюдения за ходом абразионных процессов выявили ряд непериодических изменений в формировании профиля относительной устойчивости прибрежной зоны. При низких (относительно НПУ) уровнях воды происходит интенсивный размыв сформировавшихся прибрежных и некоторое затухание процессов обрушения берегов. В настоящее время процессы формирования профиля береговой зоны имеют пульсирующую циклическую тенденцию.

Ущерб от потери земель и негативные экологические последствия обрушения берегов водохранилища выдвинули в качестве первоочередных задач берегозащиту и использование природных аккумулятивных форм в прибрежной зоне для целей рекреации и хозяйства. Работы по инженерной защите берегов начались практически с момента создания водохранилища, и к началу 1990-х годов около 50 км берега было обустроено защитными сооружениями различного типа. Однако не все из этих мероприятий оказались эффективными. К

2005 г. в удовлетворительном состоянии находилось около 30 км берегозащиты (65%), на остальном протяжении ранее возведенные сооружения были либо полностью разрушены, либо активно разрушались вследствие естественного развития береговых процессов, особенно на концевых участках.

Наиболее эффективно более 50 лет сохраняет берег от размыва и имеет многоцелевое использование искусственный пляж, сооруженный на правом берегу нижней части водохранилища у Академгородка СО РАН. Размыв берега на этом участке, по прогнозам Ленгидропроекта, выполненными до заполнения Новосибирского водохранилища, мог достичь 300 м. Это привело бы к необходимости выноса из зоны обрушения участка железнодорожной магистрали (31-34 км, Турксиба) и автостреды Новосибирск-Бийск-Ташанта. Кроме того, размыв берегового склона исключал возможность организации инфильтрационного водозабора за счет подземных вод для водоснабжения населения и предприятий Академгородка СО РАН.

В период начального заполнения водохранилища на этом участке по проекту строительства ГЭС, было выполнено крепление способами намыва вдольбереговой полосы гидромеханическим методом и отсыпкой негабаритным камнем на щебеночное и песчано-галечниковое основание. Объем отсыпки камня в сооружение составил порядка 23,5 тыс. м³, а основания 6,5 тыс. м³. Длина крепления около 600 м. После наполнения водохранилища до отметки НПУ в 1959 г. наблюдался ряд сильных штормов, при которых скорость ветра превышала 35 м/с, а высоты волн достигали 2,8-3,0 м. За период этих штормов возведенное крепление было полностью разрушено и возникла реальная угроза последующего размыва коренного берега, освоенного в хозяйственно-транспортных целях.

В это время научно-исследовательскими и проектными организациями было выдвинуто предложение о создании искусственной прибрежной отмели-пляжа, отделяющего крутой береговой склон от уреза водоема и гасящего ветровые волны водохранилища на подходе к берегу.

Намыв пляжа осуществлялся способом гидромеханизации. Пляж был намыт из песков средней крупностью 0,15 мм. Длина пляжа составила 6 км, ширина 200-250 м, максимальная высота намыва песка 11 м., общий объем намыва около 5 млн. м³, первоначальный уклон пляжа 2° (1:30). Отметка верхней границы пляжа выбрана с таким расчетом, чтобы надводная «сухая» часть шириной 25-40 м служила защитой берегового склона от возможного воздействия трансформированной волны [6].

В течение трех десятилетий пляж оставался устойчивым и эффективно сохранял берег водохранилища от размыва. В конце 1980-х годов была выполнена реконструкция пляжа путем отсыпки в прибрежной зоне рыхлого материала. В качестве пляжеобразующих материалов применены пески средней крупностью 0,26 мм. Заложение волногасящего откоса при этом составило 1:40. Профиль относительного динамического равновесия пляж был достигнут примерно через 6 лет [4].

Со времени наполнения Новосибирского водохранилища до НПУ наблюдались повышенная заносимость и заиление продуктами абразии берегов устьевых частей средних и крупных заливов по протяженности водохранилища. Связано это с тем, что возникающие при волнении водные потоки перемещают наносы вдоль берегов, при этом, достигнув устьевых частей заливов они попадают в зону волновой тени, в этих условиях вдольбереговой поток продолжает свое движение, но в ином направлении, не совпадающим с предыдущим с углом движения соответствующего наибольшей транспортирующей способности волн, сформировавшихся в глубокой части водохранилища. Это приводит к выпадению из насыщенного потока значительной части наносов у входа в залив. Оставшиеся в потоке наносы продолжают перемещаться по протяженности залива и осаждаются по мере гашения скорости течения. В результате образуются аккумулятивные формы подводного рельефа у входа в залив, заполняется наносами и акватория самого залива. Как правило, такой процесс завершается уменьшением глубин в заливе, а иногда полным отчленением залива от основной чаши водохранилища.

Наиболее активно процессы заносимости происходили в первое десятилетие существования Новосибирского водохранилища в период интенсивного разрушения берегов. Так, глубина на входе в залив р. Верхняя Ельцовка (правобережье нижней части) за 10 лет уменьшилась от 15 м до 5-6 м в заливе р. Сосновка от 12,5 м до 7,5 м в заливе р. Мильтюш от 13,5 м до 7,5 м, а в заливе р. Орда (левобережье средней части) от 8,5 м до 4,5 м. Максимальный слой отложившихся наносов в заливе Верхняя Ельцовка составил 9,0 м, в заливе

Сосновка – 5,0 м, в заливе Мильтюш – 6,0 м, в Ордынском заливе – 4,0 м [3]. Заиление заливов и заносимость устьевых зон продолжается до настоящего времени. Следует отметить, что все указанные крупные заливы рассматривались как порты-убежища для грузовых и пассажирских судов. В случае развития судоходства на водохранилище необходимы батиметрические съемки акваторий заливов для оценки возможности их перспективного использования в транспортных и других специальных хозяйственных целях (к примеру, обеспечение безопасности укрытий при штормах, а также в качестве участков рыбозаведения).

Возникновение резких изменений в ходе формирования берегов, что не учитывается в прогнозах, связано с различной водностью года и гидрометеорологическими условиями. При малой водности отмечается интенсивный размыв уже сформировавшихся прибрежных отмелей и некоторое затухание переработки надводных склонов. При повышенной водности происходит вспышка обрушений надводных склонов, в целом процесс носит циклический характер.

По данным последних съемок ИВЭП СО РАН [5] потери земель в целом по водохранилищу составили около 50 км², а протяженность абразионных берегов достигла 820 км. За время существования водохранилища вырублено более 1000 га прибрежных лесов, в настоящее время рубка лесов в зонах обрушения продолжается, хотя объемы ее несколько снизились.

Таблица 1 – Абразионная переработка берегов Новосибирского водохранилища за период существования и прогнозы на последующие 10 лет

Берег	Наполнение	Нормальная эксплуатация					За весь период	Прогноз до 2020 г.
	1957-1959	1960-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010		
Нижняя часть водохранилища								
Правый:								
-суглинки	35-90	91-130	78-87	25-30	30	27	до 455	24
-пески	59-93	22-52	19-23	5-21	30	27	до 255	24
Левый	3-5	до 20	до 50	до 25	до 30	19	до 153	16
Средняя часть водохранилища								
Правый	До 20	до 15	до 10	до 5	5	9	до 62	8
Левый	До 15	до 20	до 10	до 10	9	9	до 72	8
Верхняя часть водохранилища								
Правый	до 5	до 18	до 6	до 4	до 3,5	3,5	до 41	3
Левый	до 5	до 15	до 5	до 3	до 2	3,0	до 36	2

Подъем уровня подземных вод и процессы подтопления. Подъем уровня воды при заполнении водохранилища вызывает фильтрацию воды в затопленные почвы и грунты. Влияние величины повышения уровня подземных вод может оказать негативное влияние на сельскохозяйственные и лесные угодья, существующие планируемые к строительству населенные пункты. Для различных целей освоения прилегающих к водохранилищу территорий существуют нормативные показатели повышения уровней подземных вод, в результате подпора от водохранилища (от 0,5 м до 2 м). К сожалению, для Новосибирского водохранилища анализ подпора подземных вод был выполнен для условий неустановившегося его режима (первые годы эксплуатации водохранилища при НПУ). В настоящее время процессы подтопления и негативное их влияние на хозяйственное освоение территорий визуальнo прослеживаются в верховьях отдельных крупных заливов (Мильтюш, Каракан, Ордынский, Чингис), а также в верховьях водохранилища. В связи с прекращением режимных наблюдений за уровнем подземных вод в зоне влияния водохранилища, необходимо восстановление наблюдательных гидрогеологических скважин для уточнения запасов подземных вод в береговой полосе и обоснования возможности организации инфильтрационных водозаборов, а также определения величин возможного повышения уровней подземных вод [1].

Поскольку загрязнению в большей степени подвержены поверхностные воды, особое внимание при организации водоснабжения уделяется подземным водам. По этому принципу в прибрежной зоне Новосибирского водохранилища созданы многие водозаборы, в том числе питьевого назначения, за счет подпора водохранилищем подземных вод. Гидрогеологические условия, сформировавшиеся в береговой полосе в результате подпора подземных вод – следствие, по существу, негативное, – оказалось возможным использовать в водохозяйственных целях, а именно: получения для питьевого и технического водоснабжения воды из подземных инфильтрационных источников без организации биологической и меха-

нической очистки, что необходимо в случае организации водозаборов из поверхностных вод. Однако для большинства водозаборов из подземных вод, используемых для питьевых целей, характерны дефицит фтора, повышенная минерализация (более 1000 мг/дм³), жесткость (более 7 мг-экв/дм³), значительное содержание натрия, бора, железа, марганца. Поэтому обеспечение населения питьевой водой из подземных источников остается ограниченным.

Специфической современной особенностью Новосибирского водохранилища, связанной с негативным воздействием вод, осложняющей работу ГЭС и рекреационное освоение акватории, а также ухудшающей качество водных ресурсов, является засорение акватории плавающей древесиной, топляками и коряжником, что особенно стало проявляться в последние десятилетия [2]. Плавающей лес наблюдается в средней и нижней частях водохранилища. Источником поступления древесины является водосбор Оби в Алтайском крае и обрушение берегов водохранилища в результате ветроволнового воздействия. Смягчение или ликвидация этого негативного явления полностью связана с экономическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бейром, С.Г. Изменение природных условий в Средней Оби после создания Новосибирской ГЭС / С.Г. Бейром, Н.В. Вострякова, В.М. Широков. -Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1973. -142 с.
- 2 Геодинамика побережья Новосибирского водохранилища и засорения древесиной его акватории / В.М. Ботвинков, В.Н. Малыгин, В.М. Савкин, В.А. Седых // Материалы Международной научно-практической конференции (9-11 сентября 2008 г., Пермь) / ПГУ. -Пермь, 2008. -С. 38-39.
- 3 Рыбка, В.Г. Схема предварительного расчета заносимости заливов на водохранилищах равнинного типа / В.Г. Рыбка // Тр. СибНИИЭ. -М., 1975. -Вып.27. -С. 87-94.
- 4 Савкин, В.М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Сибири Западной Сибири / В.М. Савкин. -Новосибирск: Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 2000. -152 с.
- 5 Управление состоянием берегов водохранилищ / А.Ш. Хабидов, И.О. Леонтьев, К.В. Марусин, В.А. Шлычков, В.М. Савкин, В.С. Кусковский. -Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. -239 с.
- 6 Формирование береговой зоны Новосибирского водохранилища / отв. ред. С.Г. Бейром, В.М. Широков. -Новосибирск, 1968. -196 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водохранилище, берега, абразия, заиление, подземные воды
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Савкин Валерий Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

РАЗВИТИЕ БЕСТЯХСКОГО УЗЛА РЕКИ ЛЕНА С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ У ПОСЕЛКА НИЖНИЙ БЕСТЯХ

**ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ФБУ «Ленское главное бассейновое управление водных путей и судоходства»**

В.А. Седых, В.А. Хмелев, Е.В. Кочнев

TRANSFORMATION BESTYAKH HOST LENA RIVER WITH PROSPECTIVE DEVELOPMENT OF THE COASTAL ZONE IN NIZHNIJ BESTYAKH

**«Novosibirsk state academy of water transport»
«Lena main basin department of waterways and navigation»
V.A. Sedykh, V.A. Khmelev, E.V. Kochnev**

The active changes of the Yakut branch of the Lena river caused by start the death of the Urban duct. Intense transformation river essentially manifested in the movement of channel forms and erosion of the shores.

Keywords: channel processes, river rapids, coastal erosion, shipping, bank protection measures and structures poluzaprudy, Nizhnij Bestyakh

Активное развитие Якутского разветвления р. Лены вызвано началом перестройки русла реки после отмирания системы Городских проток. Интенсивное преобразование русла реки существенно проявляется в перемещении русловых форм и размывах берегов.

Средняя часть реки Лены от поселка Мохсоголлох и города Покровск (1730 км от устья) включает ниже по течению всю акваторию реки от Табагинского мыса до Кангаласского поворота (1595 км от устья) по левому берегу, на котором расположена столица Республики Саха (Якутия) и Якутский речной порт у входа в Адамовскую протоку, ниже по течению последней находятся Жатайский судостроительно-судоремонтный завод и затон зимнего отстоя и ремонта флота Якутского района водных путей и судоходства. На правом берегу Ле-

ны против Якутска расположена входящая в структуру Якутского речного порта пристань Нижний Бестях и одноименный поселок, административно входящий в состав Мегино-Кангаласского улуса (рисунок 1).

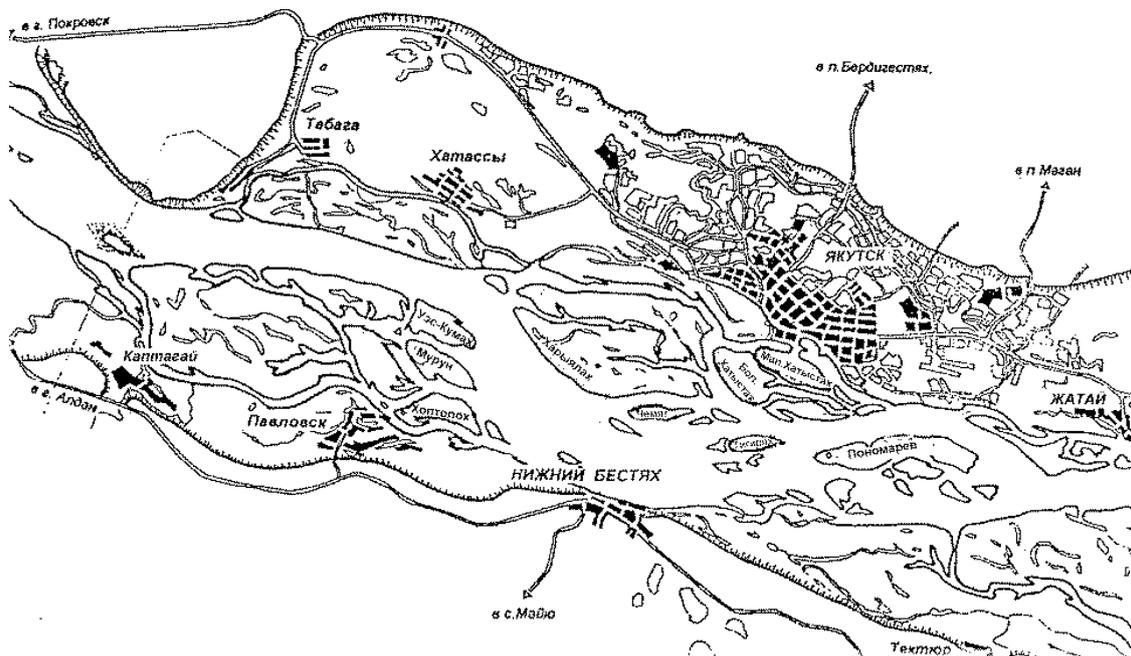


Рисунок 1 – Якутский участок реки Лена

Характерной границей участка средней Лены, в значительной мере урбанизированного и насыщенного транспортными и водохозяйственными объектами, служит Кангаласский поворот реки со сложными судоходными условиями из-за малых радиусов кривизны судового хода.

Активное развитие Якутского разветвления р. Лены наблюдается с 1930-х годов. Это вызвано началом активной перестройки русла реки после отмирания системы Городских проток. В широком русле, в местах появления крупных песчаных гряд, начали образовываться новые островные системы. Интенсивное преобразование русла реки существенно проявляется в местах расположения действующих гидротехнических сооружений.

В русле Лены выделяются рукава боковые, отмирающие и рукава, входящие в современный пояс разветвления. Общая ширина русла, включая боковые рукава (без учета маловодных пойменных проток) в самой широкой части, створе пристани Нижний Бестях составляет 10,5 км (к примеру, в створе Якутска это 7,5 км).

Имеющийся плановый материал позволяет проследить основные этапы эволюции русла. При этом переформирования русла в районе Якутска определяются его состоянием и деформациями у истоков в Городскую протоку и в правом Бестяхском рукаве. В начале XX века в Якутском узле формирование русла протекало по правилу развития сопряжённых рукавов, согласно которому русло имеет в плане вид «восьмёрки»: если главное течение реки проходит в верхнем звене системы в правом рукаве, то в нижележащем звене оно располагается в левом рукаве и наоборот. В районе г. Якутска верхнее звено системы было образовано Городской протокой островами Большой Харыяллах и Хорогор, а нижнее звено – Адамовской и Буорыларской протоками с разделяющим их островом Пономарёвым.

В середине 20-х годов XX века левая Городская протока представляла по ширине и водности равноценную с правым Бестяхским рукавом. В ней был проложен судовый ход, ниже главное течение реки располагалось, согласно правилу «восьмёрки», в правобережной Буорыларской протоке [3].

В 1930-40-е годы происходит перераспределение стока в сторону правого Бестяхского рукава, водность Городской протоки заметно снижается. В ней усиливаются процессы аккумуляции, и когда-то единая протока разбивается на систему водотоков, разделенных молодыми пойменными островами. С тех пор она становится боковой второстепенной, и все переформирования русла в верхнем звене узла разветвления сосредоточиваются в правом

Бестяхском рукаве, образующим основное русло реки. Это позволяет говорить об отмирании с начала 1950-х годов верхнего звена системы сопряжённых рукавов; главное течение реки (около 90% расхода воды) стало полого переваливать от левого берега перед истоками Городской протоки к правому коренному у пос. Нижний Бестях, образуя на перевале Павловский перекат. Верхним побочным перекатом являются пески Уэс-Кумах, нижнем побочным массивные пески начинающиеся от о. Харыялах и имеющие ширину почти 3 км. Для обоих побочных характерно наличие ядер из мерзлого грунта. Нижний побочень включает в себя о. Чемят.

Состояние русла в начале Бестяхского рукава определяется степенью вогнутости левого пойменного берега на вышележащем участке русла. Чем круче формируется изгиб уступа левого подмываемого берега, тем больше его направляющее воздействие на поток в сторону правого берега у пос. Нижний Бестях.

С 1940-х до начала 1950-х годов динамическая ось потока полого переваливала от левого пойменного берега к правому Бестяхскому (рисунок 2). В последующее десятилетие (к 1963 г.) основной поток занял на перевале более крутое положение по отношению к правому берегу: место подхода к нему сместилось вверх по течению на 4 км и оказалось вблизи о. Воронецкого. Таким образом, в 1960-е годы изгиб потока на перевале к правому берегу приобрел вид излучины. С этого времени развитие данного отрезка русла (от истоков Городской протоки до Бестяхского берега) определяется смещением правобережных отмелей и их зарастанием при одновременном размыве оголовка о. Харыялах. Благодаря этому место начала перевала потока с каждым годом оказывается всё ниже по течению, сместившись от истока Городской протоки на оголовок о. Большой Харыялах.

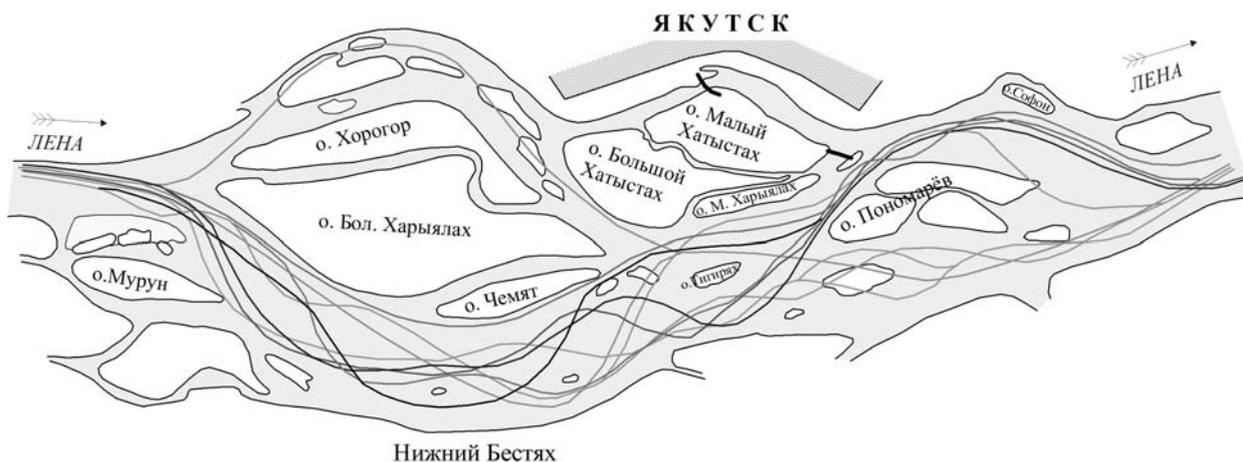


Рисунок 2 – Изменение положения оси судового хода в Якутском узле разветвления (1929-1999 гг.)

В начале участка главное течение реки сосредоточено в левом рукаве, проходящем вдоль яра консолидированной береговой поймы; в правобережной части пойменный массив расчленен маловодными протоками на систему островов; многие протоки пересыхают в межень. Нижнюю часть этого пойменного массива составляют острова Мурун, Хачанай, Чаечный; в последние годы к этой системе присоединился остров Воронецкий. В створе истоков, отходящей от реки влево, системы Городских проток главное течение переваливает к правому террасовому берегу и подходит к нему в районе поселка Нижний Бестях. Здесь ведущим рукавом становится правый, его ширина местами превышает 4 км. В нем образуются небольшие острова (Чемят, Тигирях и др.), составляющие вторичную разветвленность.

Ниже поселка Нижний Бестях находится узел разветвления островом Пономаревым; протока слева от него – Адамовская – является судоходной, из нее, в устье острова Новый, начинается судоходный канал к Якутскому порту. У оголовка острова Новый выходит устьевой рукав системы Городских проток. В Адамовской протоке расположен водозабор г. Якутска. Правая – Буорыларская протока имеет большую ширину и характеризуется вторичной разветвленностью и обширными отмелями.

Некоторые боковые рукава (например Городские протоки) в начале XX века были активными и вместе с современным руслом составляли единую систему русловой многорукавности. Общая ширина пояса разветвления, включая боковые рукава, но без учета маловодных отшнуровавшихся от главного русла реки пойменных проток, составляет в самой

широкой части (в створе пос. Нижний Бестях) 10,5 км, в створе г. Якутска – 7,5 км, возле устья р. Мархинки – 5,5 км. Современный пояс разветвления, определяющий все процессы руслоформирования и где сосредоточено до 90% общего расхода воды в реке, более выдержан по ширине: в районе поселка Нижний Бестях – 4,2 км, в створе устья р. Мархинки – 5,5 км.

В период с 1973 по 1995 годы в значительной степени изменились водные подходы к правому берегу поселка в районе расположения площадки пассажирского причала. Обширный песчаный осередок поднялся по высоте на 4-5 м и одновременно спустился ниже по течению, почти соединившись с правобережным побочнем ниже площадки. Таким образом, водный подход к площадке в настоящее время стал возможен только сверху, причем ширина прохода между приверхом осередка и правым берегом очень ограничена.

На нижележащем участке за этот же период в центральной части русла произошло почти повсеместное повышение отметок дна на 2-5 м, что способствовало отклонению основного потока в сторону правого берега, где начался интенсивный размыв. Понижение дна в относительно узкой прибрежной полосе составило от 4 до 8 м.

Таким образом, если в начале века активный пояс разветвления сужался вниз по течению реки, то в настоящее время он несколько расширяется.

К отмирающим боковым рукавам относятся и Городские протоки, одна из которых в начале века была судоходной. Ее роль резко снизилась после строительства глухой дамбы, отгородившая левый устьевой, наиболее многоводный рукав. Ниже дамбы организована акватория Якутского речного порта. Весь сток Городской протоки устремился в узкие правые рукава между островами Малый Хатыстах, Большой Хатыстах, Большой Харыялах и Хорогор. Малая пропускная способность этих протоков не позволила следовать по Городским протокам тому объему воды, который она пропускала до строительства глухой городской дамбы. К отмирающим боковым рукавам относится также правобережная система, расположенная под правым берегом в районе села Павловское. Наряду с отмиранием пойменных протоков наблюдается активизация русловой деятельности в главных рукавах. В соответствии с этим, система проток Адамовской и Буорыларской является развивающейся, что выражается в активном размыве берегов и быстрым смещением крупных песчаных гряд.

На прямолинейном Бестяхском участке динамическая ось потока образует изгибы между обширными отмелями. Этот участок протягивается от приверха острова Воронежского до приверха острова Пономарев. Большая часть прибрежных островов расположена в левой части русла, самый крупный из них остров Чемят. Последний, органически тяготеет к островному массиву Большого Харыялаха и, в будущем, вероятно, соединится с ним. В правобережной части русла располагаются лишь небольшие острова. В самом конце прямолинейного отрезка в средней части русла находится остров Тигирях, окруженный обширными подвижными отмелями. Косы этих отмелей периодически отчлняются и смещаются в истоки Адамовской и Буорыларской проток.

Динамическая ось главного течения реки в начале Якутского узла разветвления образует два сопряженных изгиба с шагом 5 км (верхний) и 4 км (нижний), затем, уже на прямолинейном участке русла, она делится на две ветви течения, образуя осередковый узел разветвления длиной 7 км. Радиусы изгиба отдельных ветвей течения в верхней части прямолинейного участка составляет 3 км, в нижней – не более 2 км.

Прирусловые отмели отличаются крупными размерами: коса в ухвостье островов Мурун и Хачанай, побочень у оголовка острова Чемят имеют в длину не менее 4 км при ширине русла (в бровках поймы) 2,5-3,5 км. Вершины некоторых отмелей закреплены растительностью и постепенно превращаются в острова.

Сравнение съёмок 1972 и 1989 гг. показывает, что в начале участка, на заходе в Бестяхский рукав, наиболее интенсивному размыву подвергался левый берег выше истока Городской протоки и оголовка о-ва Бол. Харыяллах. Скорости размыва за этот период составляли здесь в среднем соответственно 4-5 и 9-11 м/год. Одной из причин устойчивой тенденции размыва левого берега является рост верхнего правобережного побочня Павловского переката. За это время произошла консолидация группы элементарных островов у оголовка о. Мурун; также сформировался новый крупный элементарный остров у его ухвостья. Это привело к увеличению удельных расходов в основном русле и смещению динамической оси потока влево [4]. Другой причиной размыва левого берега и оголовка острова являются перестроения русла в верхней плёсовой ложине переката Павловского, в результате чего изменился угол подхода потока к оголовку о. Большой Харыяллах – он стал более крутым

В результате за 17 лет он отступил на 300 м (со скоростью 18 м/год).

В последние 25 лет в связи с активными русловыми переформированиями на вышележащем участке, связанными в том числе с прокладкой газопровода через р. Лену, сохранилась тенденция роста правобережного побочня (пески Уэс–Кумах) и его неуклонного смещения вниз по течению, что, в свою очередь, привело к существенным переформированиям на нижележащем участке. В результате всех переформирований в районе Павловского переката и изменением положения стрежня потока на перевале к правому берегу менялось положение основного фронта размыва правого берега на участке 1653,5–1660 км. Здесь был размыт о. Чаечный, и поток стал размывать правобережный уступ Бестяхской террасы высотой около 40 м. Средняя скорость размыва была примерно 4 м/год, но в отдельные годы достигала 20 м в год. В 1980–1991 гг. размыв угрожал техническим сооружениям ТУМСа. Для предотвращения размыва возле правого берега были возведены берегозащитные сооружения в виде пяти полузапруд. В целом место перевала сместилось вниз на 2,5 км по отношению к 1970-м годам.

В нижней плесовой ложине Павловского переката меженное русло в границе 0-й изобаты сужается до 750 м. Минуя нижний побочень Павловского переката поток резко расширяется, расплывается и разделяется на две ветви течения. Песчаные массивы разделяющие их частично сцементированы мерзлотой; в то же время происходят постоянные изменений их конфигурации из-за выдвигания кос.

Состояние судового хода в Якутском узле, таким образом, определяется деформациями в Бестяхском узле. До середины 1970-х годов судоходная Адамовская протока была глубокой, в ней располагался рейд Якутского порта. Происшедшее перераспределение стока между рукавами привело к её обмелению и образованию лимитирующих перекатов, причём не только ухудшились судоходные условия, но и осложнилась работа городских водозаборов, стал удлиняться подходной канал к порту.

При слиянии Адамовской судоходной и Буорыларской проток находится Софонский перека, который лимитирует судоходство с начала 1980-х годов благодаря развитию более прямой Буорыларской протоки, а также активизации под влиянием искусственных мероприятий проводимых в Мархинской протоке, которая стала забирать с корыта переката часть расхода воды. На Софонском перекате судового хода периодически располагался то в верхнем, то в нижнем положении, причём более выгодным для состояния глубин является крайнее верхнее положение.

В начале 2000-х годов в Бестяхском узле в верхней части располагался массивный побочень с побочневым протоком, по которому осуществлялся подход паромной переправы из Якутска к правому берегу (рисунок 3).

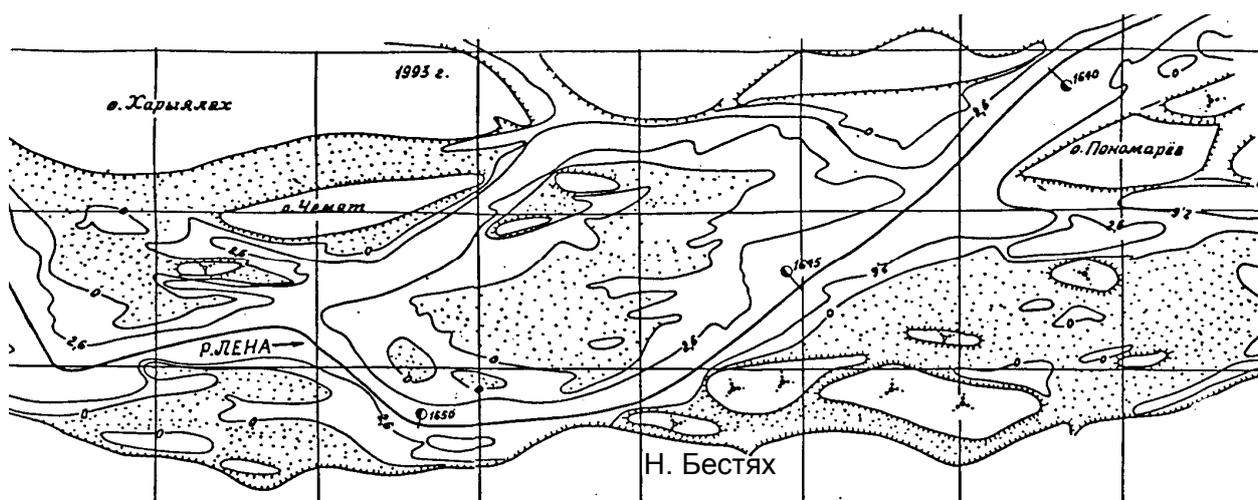


Рисунок 3 – Наличие в 1990-х годах правобережного побочня у поселка Нижний Бестях

К 2010–2011 гг. благодаря росту левобережного побочня (нижнего) для Павловского переката, произошло развитие побочневого протока ниже по течению, в который перешла бывшая правая ветвь течения у островов Тигирях и безымянного. Одновременно произошло расчленение нижнего побочня Павловского переката. Однако в связи с развитием правобережного протока дальнейшее развитие этого расчленения, по-видимому, не произойдёт. Все

это приводит к формированию в пределах всего Якутско-Бестяхского узла параллельно – рукавного разветвления с четко выраженными двумя параллельными ветвями потока посередине русла с двумя безымянными островами и о. Тигирях, с окружающими их мелями и о. Пономаревым. Между ними функционируют поперечные протоки, по которым происходит переток воды из левой ветви в правую вплоть до ложбины между мелями и оголовком о. Пономарева. В левой части Бестяхского рукава сосредотачивается основной его расход, однако здесь он в настоящее время разделяется на две ветви, между которыми находится о. Тигирях и безымянный. Слева от о. Тигирях проходит 56% расхода воды, справа 37% расхода воды.

Размыв дна правобережной части русла сопровождался таким же интенсивным размывом берега, – отступление бровки берега в верхней наиболее высокой части острова за указанный период составило около 200 м, то есть средняя скорость размыва равна 8-9 м в год.

Интенсивному размыву берега способствует неоднородное, зачастую слоистое геологическое строение террасы и близкое расположение к поверхности мерзлоты и таликов, что приводит к быстрому насыщению водой деятельного слоя. Разжиженный верхний слой смывается потоком во время затопления поймы.

Мерзлый береговой обрыв устойчив против механического воздействия волн и течения. Вместе с тем, мерзлота не только не препятствует размыву, но в некоторой степени усиливает эрозию берега [1]. Наличие вечной мерзлоты вызывает просадку берега, а это дополнительный фактор разрушения. Просадка грунта связана с избыточной льдистостью вечномерзлых пород, то есть превышением содержания цементирующего льда над пористостью грунтов в естественном состоянии. На уровне уреза воды грунты протаивают вглубь берега и оседают, тем самым, обнажая слой вечной мерзлоты. Омываемые потоком вечномерзлые грунты вновь протаивают и оплывают, обнажая новый слой вечной мерзлоты, и процесс повторяется. В дальнейшем протаивание вызывает новую осадку берега, в случае высокольдистых грунтов, с содержанием линз и жильного льда, осадка может быть значительной. Просадка подводного берегового склона приводит к увеличению глубин у берега и повышению скорости вдольберегового течения реки, а это также способствует усилению процесса размыва [2]. Если в этом месте будет возведено берегоукрепительное сооружение, то осадка берега может привести к его разрушению.

На отдельных участках северо-восточных рек с падением уровней воды на линии уреза протаивание грунта вглубь берега вызывает просадку и отрыв части его от мерзлого карниза из-за чего оголяется мерзлота, которая легко размывается судовыми и ветровыми волнами. При этом в межень образуется своеобразная ниша – пропил, имеющая небольшую высоту 0,5-1 м и глубину до 8-10 м (рисунки 4).

Глубина воды в нише обычно не превышает 5-15 см, такова же высота ниши над водой. Поскольку уровень воды в период возникновения ниши ниже зоны размыва, то главную роль в её образовании играют волны. Как уже отмечалось, характер разрушения берега в значительной степени определяется слагающими берег грунтами. Пески размываются очень легко, более устойчивы суглинки и очень трудно разрушаются берега, сложенные торфянистыми грунтами с дерном. Песчаный берег образует обрыв и нишу (рисунок 5) только в местах интенсивного размыва, где постоянно обнажается мерзлый грунт.

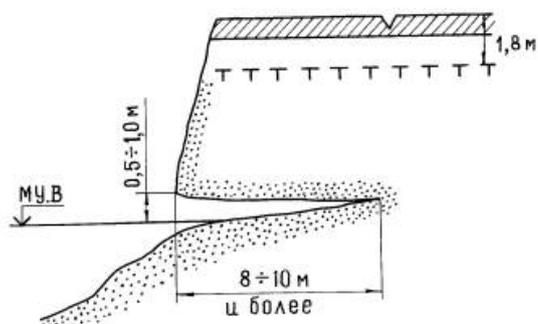


Рисунок 4 – Ниша – пропил

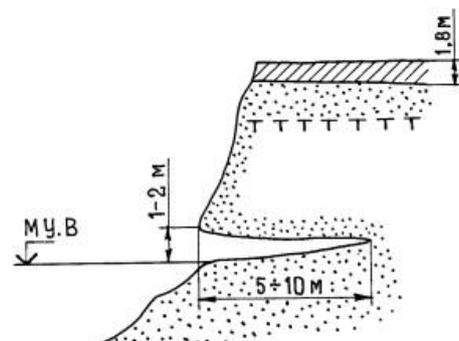


Рисунок 5 – Обрыв и ниша песчаного берега

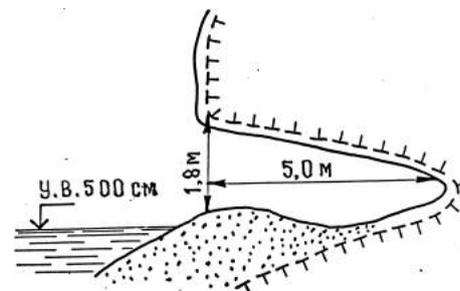


Рисунок 6 – Термоэрозионная ниша

При размыве отрываются отдельные песчинки, а если происходит обвал глыб, то они быстро размываются. На песчаных берегах осыпающиеся частицы песка во второй половине лета часто засыпают основание обрывов и термоэрозионные ниши рыхлыми осыпями (рисунок 6), что служит временной защитой от разрушения берега.

Суглинки быстро «зашлифовываются» (рисунок 7) и интенсивность размыва существенно снижается.

Усиленное их разрушение происходит при обвалах и распадении на отдельные глыбы. На размываемых берегах, сложенных суглинками, образуются нависающие карнизы и осыпи из глыб различного размера. Карниз суглинков при увеличении его ширины вследствие размывания и осыпания отваливается, разрушаясь на отдельные глыбы (рисунок 8).

Нередко происходят обвалы крупных глыб, площадью в десятки квадратных метров, отделяющихся от берега по всей его высоте и сваливающихся в воду. С прекращением размыва ниша постепенно засыпается оттаявшим грунтом, сползающим со склона берега (рисунок 9).

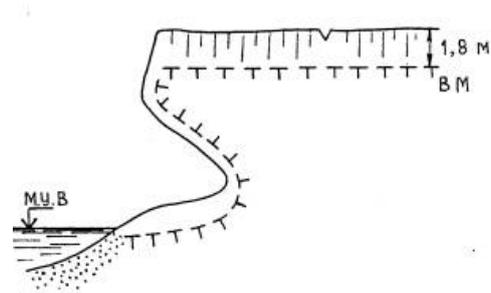


Рисунок 7 – «Зашлифовывание» суглинков

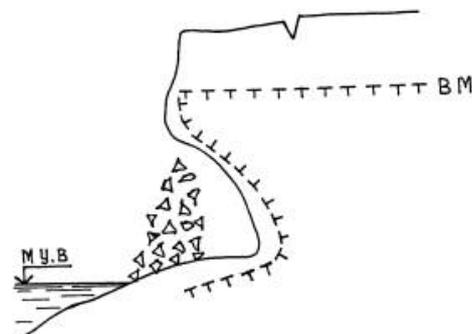


Рисунок 8 – Карниз суглинков



Рисунок 9 – Размывы берегов

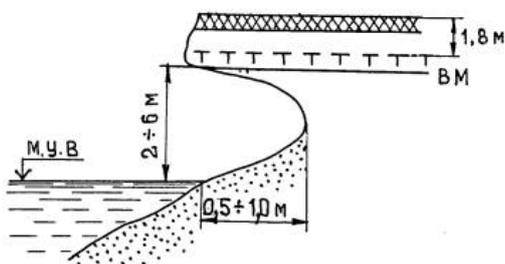


Рисунок 10 – Ниша с нависающим карнизом суглинка

Когда верхняя часть берега сложена суглинками, а нижняя песками, то обычно образуется ниша с нависающим карнизом суглинка. Глубина таких ниш невелика, редко превышает 0,5-1,0 м. Высота карниза над водой зависит от толщины слоя песков (рисунок 10).

Заключение. Проведенный анализ русловых съемок за период 2004-2012 гг. показал, что непосредственно участок правого берега реки Лена у пос. Нижний Бестях в районе проектируемого терминала достаточно стабилен, не подвержен катастрофическим размывам благодаря нахождению в гидравлической «тени» от острова Воронежский и песков Уэс-Кумах, которые в свою очередь достаточно динамично движутся вниз по течению (ухвостье отмели расположено уже в пределах существующих берегозащитных шпор). При этом плес непосредственно у правого берега пока сохраняется, с вероятностью перекрытия низового выхода из него, надвигающейся отмелью Уэс-Кумах, что вероятно в будущем повлечет необходимость проведения регулярного дноуглубления для поддержания в межень подходов к проектируемым причалам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Арз, Ф.Э. Основы прогноза термоабразии берегов / Ф.Э. Арз. -Новосибирск: Наука, 1988. -171 с.
- 2 Беркович, К.М. Влияние мерзлых грунтов на русловые деформации реки Лены / К.М. Беркович // Первая Всесоюзная

междузювская конференция по проблеме «Закономерности проявления эрозийных и русловых процессов в различных природных условиях: сборник / Моск. гос. ун-т. -М., 1972. –С. 76-77.

3 Водные пути бассейна р. Лена. -Иркутск: Иркут. обл. изд-во, 1938. -592 с.

4 Водные пути бассейна Лены / под общ. ред. Р.С. Чалова. -М.: МИКИС, 1995. -600 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *русловые процессы, перекат, размыв берега, судоходство, берегозащитные мероприятия и сооружения, полузапруды, Нижний Бестях*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Седых Виталий Алексеевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Хмелев Вячеслав Александрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Кочнев Евгений Викторович, начальник отдела ФБУ «ЛГБУВПиС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
677891, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Дзержинского, 2, ФБУ «ЛГБУВПиС»*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕФЕКТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ООО УК «РусЭнергоМир»

Д.С. Скотников, С.В. Ивашкин, А.С. Герасименко, А.Г. Позднякова, Е.Г. Хромов, Л.В. Садовская, И.Л. Власов

RESTORATION OF DEFECTIVE BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE ELECTRICITY NETWORK STRUCTURES
«Novosibirsk state academy of water transport»
«RusEnergMir»

D.S. Skotnikov, S.V. Ivashkin, A.S. Gerasimenko, A.G. Pozdnyakova, E.G. Khromov, L.V. Sadovskaya, I.L. Vlasov

The analysis of the various ways to strengthen reinforced concrete constructive functions that are recommended for implementation, depending on the degree of imperfection.

Keywords: reinforced concrete structures, defective bearings

Произведен анализ различных способов усиления железобетонных конструкций, рекомендуемые для реализации в зависимости от степени дефектности.

Наличие дефектов у железобетонных опор высоковольтных линий (ВЛ) определяет экономически целесообразный подход обеспечения эксплуатационной надежности конструкций. Наличие вертикальных трещин, продолжающихся на всю высоту опоры, еще не предполагает их безусловной замены. В каждом отдельном случае могут быть выбраны альтернативные варианты.

В работе рассматривались следующие способы усиления конструкций:

1 Прикрепление односторонних плоских железобетонных плит (для незначительных повреждений опор; трещины 1 мм; коррозия арматуры до 15%);

2 Прикрепление плоских железобетонных плит по всему периметру опоры (трещины не менее 1 мм; коррозия арматуры до 30%);

3 Установка крытообразных сборных железобетонных элементов (коррозия арматуры <30%);

4 Создание защитной «рубашки» из бетонополимера (для дефектов всех групп);

5 Формирование монолитной железобетонной «рубашки» с использованием напрягающего бетона (для всех видов дефектов);

6 Пропитка пораженного участка клеевыми составами на основе низковязких мономеров (для всех видов дефектов);

7 Инъектирование трещин эпоксидными композициями (для трещин >0,2 мм, прочный бетон и малой (3-5%) коррозии арматуры).

Выбор того или иного варианта усиления обуславливается поставленной целью – обеспечением несущей способности и долговечности. При этом должны выполняться положения СНиП 2.03.11-85.

Рассмотрим технологию усиления и ремонта железобетонных опор ВЛ 10 кВ.

Плоские односторонние элементы. Этот вариант усиления может сочетаться с 6-м и 7-м способами. Во всех случаях необходимо обеспечить плотный контакт усиливающих элементов с существующей опорой, исключая возможность попадания влаги между примыкающими поверхностями. Это достигается применением оклеечных материалов (асфальтовые мастики холодные или горячие, полимерные покрытия на основе лака ХП-734 или поли-

изоционата К, битумные рулонные материалы с защитной стенкой, полимеррастворы на основе терморезистивных синтетических смол) или нанесением полимерных эпоксидных покрытий с наполнителем по стеклоткани.

Перед установкой элементов разрушенный бетон должен быть удален, поверхность очищена от пыли, грязи и масляных пятен. После этого на нее наносится пластраствор состава:

- смола эпоксидная ЭД-20 100 м.ч.;
- отвердитель ПЭПА 10 м.ч.;
- наполнитель цемент или тонкомолотый песок 250 м.ч.

этот же пластраствор наносится на поверхность элемента усиления, скрепляемого с телом опоры винтовыми стяжками или скрутками из проволоки 0,6 мм. Скрутки или стяжки устанавливаются на период полимеризации клея (4-8 ч), а затем удаляются.

Отколы, раковины и места рыхлого бетона с незащищенной стороны должны восстанавливаться пластраствором, а трещины раскрытием 0,2 мм неоднократно промазываться жидким эпоксидным компаунтом состава:

- смола эпоксидная ЭД-20 100 м.ч.;
- отвердитель ПЭПА 10 м.ч.;
- ацетон 10 м.ч.,

промазка прекращается после окончания впитывания клея в трещину. При раскрытии трещины 0,2 мм в них нужно провести нагнетание клея по одной из известных технологий.

Наряду с эпоксидным клеем можно применяться многокомпонентный пропиточный состав на основе метилметакрилата:

- метилметакрилат 100 м.ч.;
- полистирол гранулированный или прессованный 5-7 м.ч.;
- парафин 0,5-1 м.ч.;
- перекись бензола 5-7 м.ч.;
- диметиланилин 2-3 м.ч.

Указанная клеевая композиция позволяет осуществить пропитку бетона на очень небольшую глубину. Скорее этот состав можно назвать не пропитывающим, а герметизирующее-гидрофобизирующим. Но, имеющиеся трещины будут заполняться клеем на некоторую глубину за счет капиллярного подсоса. Метилметакрилатовый клей обладает высокими прочностными показателями: прочность на сжатие порядка 80-100 МПа, на растяжение – 10-12 МПа.

К недостаткам клея относится его относительно высокая токсичность, жесткие требования по технике безопасности и дефицитность некоторых компонентов (метилметакрилат, перекись бензоила, диметиланилин).

Плоские железобетонные плиты по всему периметру опоры. Требования к материалу и конструкции те же, что и в первом варианте усиления. Очевидно, что наилучшего качества можно ожидать от изделий, изготовленных в заводских условиях в стационарных формах. По всей вероятности в качестве опалубки может использоваться форма для изготовления опор СВ 105-3,5.

Наряду с железобетоном возможно применение пластбетона с арматурой из стеклопластика или стали.

Плоские элементы прикрепляются на подготовленную поверхность опоры также, как и в первом случае, и закрепляются временными фиксирующими стяжками. Стыки между отдельными элементами и телом опоры обмазываются пластраствором.

Корытообразные сборные железобетонные элементы. Их применение повышает уровень сборности и, естественно, производительностью труда. Наряду с этим уменьшается количество швов и повышается надежность усиления в целом. Из условий удобства монтажа целесообразно пространственные элементы выполнять небольшой длины – порядка 1 м с тем, чтобы двое рабочих могли устанавливать вручную. В месте стыка затем выполняется сварка деталей

Бетонополимерная защитная «рубашка». Обладает наилучшими эксплуатационными качествами. Примерный состав полимербетона:

- смола ЭД-20 7-9 м.ч.;
- отвердитель ПЭПА 0,9-1,1 м.ч.;
- растворитель толуол 1,4-1,5 м.ч.;
- песок и щебень 35-40 м.ч.;

– цемент17-20 м.ч.

Монолитная железобетонная «рубашка» на напрягающем цементе. Несмотря на казалось бы нежелательные «мокрые» работы, может оказаться наиболее экономичным вариантом усиления. При практической реализации должна быть изготовлена инвентарная металлическая опалубка прямоугольной или цилиндрической формы, секционированная по высоте опоры. Арматурные каркасы изготавливаются на месте. Бетон может быть достаточно подвижным с водоцементным отношением порядка 0,5-0,6. При хорошем уплотнении смеси получится плотная структура материала, обладающая антикоррозионными свойствами. В воду затворения следует добавить комплексную добавку СНВ+СДБ в количестве 2% от массы цемента.

Пропитка пораженных участков низко вязкими мономерами. Предполагается использование клеевой композиции на основе метилметакрилата, приведенной выше. Этот же состав может быть применен для одновременной пропитки и создания некоторой полимерной защитной «рубашки». В этом случае вокруг опоры сооружается легкий короб-опалубка, герметично закрытый со всех сторон, кроме верхней части, куда заливается клеевой состав. Время затвердевания регулируется количеством введенного окислителя (диметиланилина) и колеблется от 15 мин. до 1 ч.

Достоинства и недостатки клея на основе метилметакрилата упоминалась выше. Инъектирование трещин эпоксидными компаундами целесообразно при наличии трещин более 0,2 мм, достаточно прочном бетоне и малой коррозии арматуры. Для выполнения подобного рода ремонта необходимо изготовление специального инжектора.

Усилению подлежат участки опор пораженные коррозией, а также прилегающие к ним на длине не менее 0,5 м (в том числе и подземные части). Поверхность бетона должна быть высушена до уровня влажности 2-3%. После прикрепления усиливающие железобетонные элементы необходимо покрыть гидроизолирующими рулонными или полимерными материалами в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85.

Использование того или иного способа в каждом конкретном случае требует технико-экономического обоснования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн.2. Практические рекомендации / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, П.В. Горелов; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 1998. -190 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железобетонные конструкции, дефектные опоры
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Скотников Дмитрий Сергеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Ивашкин Сергей Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Герасименко Андрей Сергеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Позднякова Анастасия Геннадьевна, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Хромов Евгений Гергеевич, канд. техн. наук, заместитель директора ООО УК «РусЭнергоМир»
Садовская Людмила Вадимовна, ведущий специалист ООО УК «РусЭнергоМир»
Власов Илья Леонидович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
630087, г. Новосибирск, ул. Новогодняя, 24/1, ООО УК «РусЭнергоМир»

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРРОЗИОННЫХ РАЗРУШЕНИЙ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ООО УК «РусЭнергоМир»

**Д.С. Скотников, С.В. Ивашкин, А.С. Герасименко, А.Г. Позднякова, Е.Г. Хромов,
Л.В. Садовская, И.Л. Власов**

STATISTICAL ANALYSIS OF CORROSIVE DESTRUCTIONS OF ELECTRO-NETWORK CONSTRUCTIONS
«Novosibirsk state academy of water transport»
«РусЭнергоМир»
D.S. Skotnikov, S.V. Ivashkin, A.S. Gerasimenko, A.G. Pozdnyakova, E.G. Khromov, L.V. Sadovskaya, I.L. Vlasov

Survey electro-network construction of substations and transmission lines requires a detailed statistical analysis.

Keywords: statistical analysis, the homogeneity of observations, the distribution of law

Обследование состояния электросетевых конструкций подстанций и линий электропередачи требует детальной статистической обработки.

В процессе обследования состояния электросетевых конструкций линий электропередачи и подстанций возникает необходимость статистической обработки экспериментальных данных. Для этого необходимо определять закон распределения случайных величин, оценивать их принадлежность одной генеральной совокупности, определять минимальное количество измерений при заданной точности и т.п.

В работе рассмотрена статистическая обработка случайных величин на примере коррозионного состояния искусственных заземлителей (ИЗ) заземляющих систем (ЗС). В статистическом анализе рассмотрено более 200 подстанций различных классов напряжений и расположенных в различных регионах.

Обследования проводились по специально разработанной методике, включающей в себя: обоснование количества вскрытий ИЗ; их химическую обработку щавелевой кислотой; измерение оставшегося сечения с помощью специального индикатора; статистический анализ коррозионных разрушений ИЗ [1].

Все экспериментальные данные по коррозии ИЗ ЗС проверялись на наличие статистической однородности (неоднородности). При проверке неоднородности коррозии ИЗ решался вопрос принадлежат ли данные по степени коррозии различных ИЗ подстанций одной генеральной совокупности. Для этого оценивалась принадлежность выборочных дисперсий к одной и той же генеральной дисперсии и однородность средних значений по выборкам.

Сравнение дисперсий S_1^2 , S_2^2 и т.д. производилось с помощью критерия Бартлета. Принималась нулевая гипотеза о равенстве выборочных дисперсий, если $B/C \leq \chi_{1-p}^2$ при уровне значимости $p=0,1$.

Величины B и C определялись по формулам:

$$B = 2,303f \lg S^2 - \sum_{i=0}^k f \lg S_i^2 ;$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left(\sum_{i=1}^K \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right).$$

Средневзвешенное значение дисперсии определялось по формуле

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i S_i^2}{f} ; f = \sum_{i=1}^k f_i .$$

При $B \leq \chi_{0,9}^2$ нулевая гипотеза принималась.

Оценка однородности средних по выборкам производилась по квантилям распределения Фишера F_{1-p} . В этом случае принималась нулевая гипотеза о равенстве выборочных средних, если $F_{расч} \leq F_{1-p}$ при уровне значимости $p=0,05$.

Сравнение средних проводилось в предположении, что дисперсии всех выборок незначимо отличаются друг от друга.

Для m выборок имеем $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$ средних и $S_1^2, S_2^2, \dots, S_m^2$ выборочных дисперсий. Всем выборкам соответствуют f_1, f_2, \dots, f_m степеней свободы ($f_i = n_i - 1$, где n_i - объем соответствующей выборки).

В качестве единого генерального среднего бралось общее среднее $\bar{\bar{x}}$ из средних по отдельным выборкам. Средние по отдельным выборкам объединялись в новую выборку, для которой дисперсия \bar{S}^2 определялась

$$\bar{S}^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m n_i (x_i - \bar{\bar{x}})^2 ,$$

которой соответствует $(n_i - 1)$ степеней свободы.

По S^2 и \bar{S}^2 рассчитывалось распределение Фишера для $(m-1)$ и f степеней свободы.

Если $\bar{S}^2/S^2 \leq F_{0,95}(m-1, f)$, то нулевая гипотеза считалась справедливой (таблица 1).

При $\bar{S}^2/S^2 > F_{0,95}(m-1, f)$, средние считались неоднородными, то есть принадлежащими различным генеральным совокупностям.

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

В таблице 1 дан пример расчета однородности дисперсий и средних, а также проверка наличия грубых отклонений

Таблица 1 – Расчет однородности дисперсий и средних

Число выборок, n	1	2	3	4
Табличное значение квантиля нормального распределения, y_1	2,717	2,717	2,717	2,717
Расчетное значение квантиля нормального распределения, y_1	2,003	2,123	0,1122	1,333
Расчетное значение критерия Бартлета, B	0,8108			
Табличное значение критерия Пирсона $\chi^2_{0,9}$, для $p = 0,1$	2,7			
Расчетное значение критерия Фишера, $F_{расч}$	0,4416			
Табличное значение критерия Фишера, $F_{табл}$ для $p = 0,05$	2,8			

Как видно из таблицы 1, грубых отклонений нет, потому что для всех выборок $y_1 < y_0$, так как $B = 0,8108 < \chi^2_{0,9} = 2,7$, то дисперсии всех выборок однородны.

На основании неравенства $F_{расч} = 0,44 < F_{табл} = 2,8$ можно заключить, что однородны и средние значения по выборкам.

При статистической обработке данных по коррозии ИЗ встречается и наличие неоднородности:

- число выборок, n 2;
- расчетное значение критерия Бартлета, B 2,1486;
- табличное значение критерия Пирсона, χ^2 для $p = 0,1$ 2,7;
- расчетное значение критерия Фишера, $F_{расч}$ 44,508;
- табличное значение критерия Фишера, $F_{табл}$ для $p = 0,05$ 3,8.

Так как $F_{расч} = 44,508 \gg F_{табл} = 3,8$, то средние по выборкам нельзя считать однородными.

Примеры однородных (равномерных) разрушений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Пример равномерных разрушений ИЗ на ЗС подстанции 110/35 кВ «Кизил-Арват» ПО Туркменэнерго (срок службы – 12 лет)

Номера точек	Тип грунта	Глубина расположения ИЗ, м	Глубина коррозии ИЗ, мм	Степень коррозии
1	Супесь	1,0	3,28	К0
2	Супесь	1,0	4,02	К0
3	Тяжелая супесь	1,0	5,60	К0
4	Тяжелая супесь	1,6	2,34	К0

В таблице 3 приведены примеры локальных разрушений.

Таблица 3 – Пример локальных разрушений ИЗ на ЗС подстанции 110/35 кВ «Джебел» ПО Туркменэнерго (срок службы – 13 лет)

Номера точек	Тип грунта	Глубина расположения ИЗ, м	Глубина коррозии ИЗ, мм	Степень коррозии
1	Песок мелкий	0,45	0,553	К4
2	Песок мелкий	0,45	0,276	К5
3	Песок мелкий	0,45	0,367	К4
4	Песок мелкий	0,45	3,0	К0

Примеры однородных (равномерных) разрушений физически обусловлены однородными условиями. Равномерное разрушение ИЗ достигается либо за счет эффекта «блуждания» анодов, либо за счет функционирования макропар, соизмеримых между собой по плотности анодного тока на ИЗ.

Локальные разрушения на ИЗ возникают при наличии неоднородных условий, когда макропары от какого-либо фактора являются доминирующими (например, пары дифференциальной аэрации) среди других макропар.

Подобная методика статистической обработки может быть использована для металлических и железобетонных элементов воздушных линий электропередачи, а так же для кабельных линий и трубопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пустыльник, Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е.И. Пустыльник. -М.: Наука, 1968. -288 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *статистический анализ, однородность наблюдений, закон распределения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Скотников Дмитрий Сергеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Ивашкин Сергей Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Герасименко Андрей Сергеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Позднякова Анастасия Геннадьевна, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Хромов Евгений Герасиевич, канд. техн. наук, заместитель директора ООО УК «РусЭнергоМир»
Садовская Людмила Вадимовна, ведущий специалист ООО УК «РусЭнергоМир»
Власов Илья Леонидович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
630087, г. Новосибирск, ул. Новогодняя, 24/1, ООО УК «РусЭнергоМир»

СПОСОБ СБРОСА ГОЛОЛЁДА С ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Горелов, Г.А. Данилов, П.Г. Шушара

HOW TO RESET THE ICE FROM POWER TRANSMISSION LINES
«Novosibirsk state academy of water transport»
S.V. Gorelov, G.A. Danilov, P.G. Shushara

Comparison of methods for de-icing power transmission line is executed. The device description for reset ice from the wire is provided.

Keywords: de-ice, protecting the power transmission line, cleaning of wire, reset the ice, power line deicer

Проведено сравнение способов борьбы с обледенением проводов линий электропередачи (ЛЭП). Представлено описание устройства по сбросу гололёда с проводов.

Подготовлено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК №16.526.11.6015 от 22 мая 2012 г.)

Каждую зиму во многих регионах России происходят перебои в работе энергосистемы из-за обрывов проводов ЛЭП под тяжестью льда и снега. В результате жители региона, фермерские хозяйства и предприятия на определённое время остаются без света и тепла. Российская экономика несёт огромные убытки.

Причиной создания аварийных ситуаций, с одной стороны, является изменение климатических условий эксплуатации электрооборудования, с другой стороны, износ основных производственных фондов воздушных линий электропередачи (моральный и физический), а также невозможность быстрого реагирования на резкое изменение погодных условий.

Это происходит из-за того, что при определённых метеорологических условиях (температуре и влажности воздуха, направлении и скорости ветра) происходит обледенение проводов. В результате утяжеления проводов создаются дополнительные механические нагрузки на провода, вызывающие их обрыв. Понятие «обледенение» заключается в формировании на проводах различных видов гололёдных отложений при одновременном влиянии нескольких метеорологических факторов.

Существуют следующие формы гололёда:

– изморось (моросящий дождь), которая представляет собой мелкие сверкающие кристаллические частицы льда, разделённые пузырьками воздуха, и образуется в результате замораживания капелек росы при температуре около 0 °С в ясную погоду;

– изморозь (иней), состоящий из тонких пластинок льда и появляющийся в туманную погоду при температуре окружающей среды 0 °С или несколько ниже. Конденсация капелек тумана на проводниках приводит к образованию белого инея в виде иголок, пушинок или снежных структур;

– однородный слой льда, образующийся при дожде, когда температура немного ниже 0 °С. Он имеет плотность стекла, и ему свойственна сильная адгезия с металлом;

– иней со сложной структурой, который является следствием нескольких различных природных явлений, происходящих одновременно.

Существует несколько методов предотвращения и удаления гололёда:

– пассивный метод, базирующийся на использовании естественных физических свойств

материалов и процессов;

- использование активных покрытий и устройств;
- методы механического разрушения и удаления гололёдных образований;
- методы теплового воздействия (плавка гололёда).

Пассивные методы не требуют использования дополнительных источников энергии и характеризуются воздействием таких факторов как ветер, гравитация, солнечная радиация, геометрические размеры и положение проводов воздушных линий [3, 4]. Например, это провода со специальной аэродинамикой, затрудняющей налипание снега и т.п., что в совокупности с ограничителями кручения проводов, позволяет снизить размеры и массу наледи, а также приводит к ускоренному сбросу отложений в форме мокрого снега, гололёда или изморози. На практике такой метод показал себя неэффективным и применение его выгодно в совокупности с активными способами.

К числу активных способов борьбы с гололёдом могут быть отнесены специальные покрытия токоведущих проводов, которые подвержены нагреву за счёт потерь на перемагничивание в материале покрытия. Указанный нагрев покрытия при определённых метеорологических условиях (низкая скорость ветра, относительно высокая интенсивность гололёдо-несущего потока) может способствовать предотвращению отложений гололёда благодаря поддержанию температуры покрытия выше точки замерзания капель оседающей на проводах влаги.

Технология механических методов удаления основана на применении одного из двух известных альтернативных подходов. Первый предполагает удаление гололёда посредством его срезания. Устройство подобного типа представляет собой перемещающуюся по проводу каретку, питаемую от аккумуляторных батарей, оснащённую режущими устройствами высокой прочности, взламывающими гололёдную муфту за счёт толкающих усилий каретки, освобождая провод от отложений [5]. Второй подход основан на удалении отложений посредством возбуждения ударных волн изгиба или кручения провода, разрушающих и сбрасывающих гололёдную муфту.

Оба подхода механического метода осуществляются с использованием отдельного устройства, закреплённого на проводе (устройство имеет сложную конструкцию из большого количества деталей и требует внешнего электропитания).

Методы теплового воздействия предполагают использование средств повышения температуры проводов для предотвращения процесса гололёдообразования или с целью создания необходимых условий для проплавления и сброса образовавшихся гололёдных муфт. Для организации плавки гололёда применяются установки с источниками постоянного или переменного тока [6, 7]. Для удаления гололёда с достаточно протяжённых участков требуются источники большой мощности.

Получается, что решить проблему удаления гололёдных отложений на проводах высоковольтных линий без применения периодических организационно-технических мероприятий, подразумевающих задействование человеческих ресурсов, дополнительных материальных и энергетических затрат, практически невозможно.

Однако, компания ООО «ЭЛЕКТРОМАШ» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы» Министерства образования и науки Российской Федерации предложила оригинальный никем ранее не применяемый способ борьбы с гололёдом и подобных явлений на проводах линий электропередачи. Данный способ заключается в использовании специального устройства возбуждения колебаний (УВК), включенного в состав изолирующей траверсы [1, 2].

Применение изолирующей траверсы специального исполнения (принципиальное конструктивное исполнение приведено на рисунке) позволяет получить, за счёт узла возбуждения колебаний 7 и подвижных креплений траверсы к стойке опоры высоковольтной линии, колебания при срабатывании УВК, характеризующиеся максимальной амплитудой Δ , частотой и скоростью затухания (определяется экспериментально и расчётами в зависимости от типа провода, толщины гололёда, расстояниями между опорами), которые, в свою очередь, освобождают провод от гололёдных отложений.

Срабатывание УВК происходит при достижении определённого порога суммарного вектора механических сил, действующих на траверсу, вызванных наличием гололёдных отложений. После сброса гололёда УВК автоматически возвращается в исходное положение (за счёт потенциальной энергии упругих элементов в его конструкции) и готов к следующему

циклу срабатывания не давая массе гололёда нарастать до критических величин, при которых рвутся провода или ломаются опоры ЛЭП. Таким образом, проблема обледенения проводов решается без применения человеческих ресурсов и дополнительных материальных затрат и энергозатрат, поскольку УВК автономен и не требует вмешательства в течении всего срока службы.

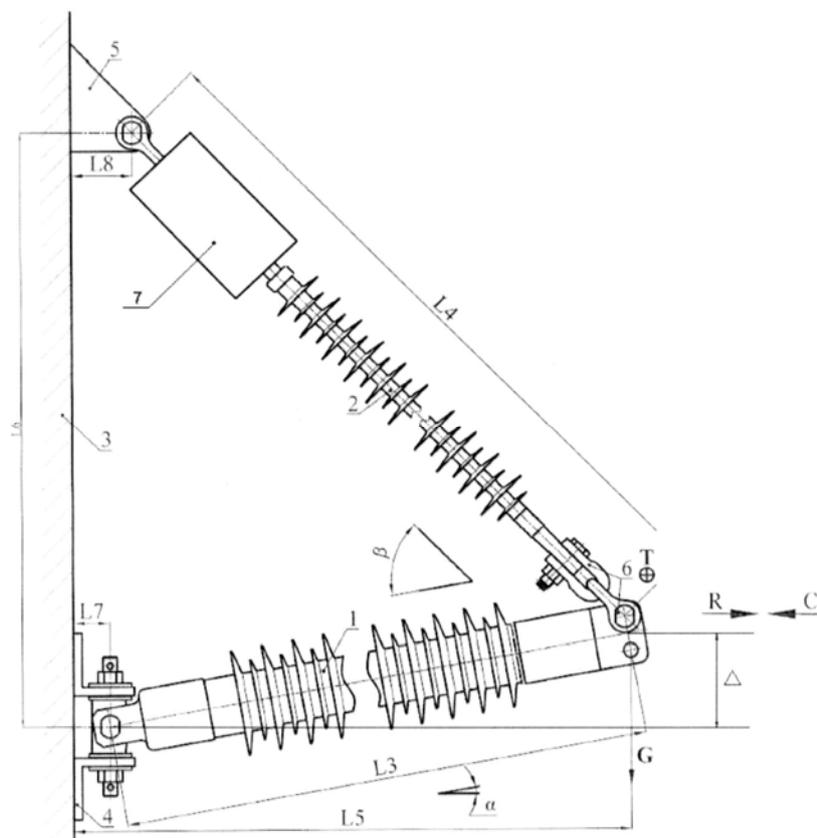


Рисунок – Траверса изолирующая специального исполнения: 1-изолятор консольный; 2-изолятор тяги; 3-стойка опоры; 4-узел крепления консольного изолятора к стойке опоры; 5-узел крепления тяги к стойке опоры; 6-цепная линейная арматура; 7-УВК, обеспечивающий сброс отложений снега и гололёда; G, C, R, T-векторы механических сил, воздействующих на траверсу; Δ - амплитуда колебаний при срабатывании УВК.

Предлагаемое оборудование, предназначенное для борьбы с экстремальными гололёдными явлениями, является новым техническим решением при сооружении и эксплуатации воздушных линий. В частности, предлагается использовать современные типы оборудования, приводящие к повышению надёжности эксплуатации высоковольтных линий и уменьшению затрат на эксплуатацию за счёт применения:

- изолирующих траверс специального исполнения (ИТс), смонтированных на высокопрочных быстромонтируемых опорах из композитных материалов или аналогичных стальных опорах;

- специальных элементов конструкций ИТс, позволяющих осуществлять механическое разрушение гололёдных явлений на проводах за счёт возбуждения интенсивных изгибных колебаний провода и последующего самоочистения, позволяющее исключить обрыв провода от воздействия гололёдных явлений;

- линейных защитных аппаратов (ЛЗА) – подвесных ограничителей перенапряжений с искровым или без искрового промежутка, встроенных в конструкцию ИТс, позволяющих исключить использование грозотроса на высоковольтных линиях (участках высоковольтных линий), подверженных интенсивному гололёдообразованию;

- из специальных двухстоечных опор для высоковольтных линий, имеющих стойки из композитных материалов, которые используются в качестве упругих элементов для возбуждения изгибных колебаний в проводах.

Компания ООО «ЭЛЕКТРОМАШ» запатентовала своё изобретение и в данный момент проводит многочисленные испытания в режиме имитации гололёда, ресурсные испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Крылов, С.В. Конструкции изолирующих траверс опор линий электропередачи / С.В. Крылов // Энергет. стр-во за рубежом. -1978. -№5. -С. 37-46.
- 2 Траверсы изолирующие полимерные для опор ВЛ 110-220 кВ. Общие технические требования, правила приёмки и методы испытаний: СТО 56947007.120.90.033-2009 / ОАО «ФСК ЕЭС»
- 3 Пат. RU102831U1 Российская Федерация, H01B5/08. Провод электрический / Кучер В.И. (РФ). -№2010128756/07; заявл. 13.07.10; опубл. 10.03.11. -9 с.
- 4 Пат. RU98626U1 Российская Федерация, H01B5/08, H02G7/14. Провод для линии электропередачи / Кучер В.И. (РФ). - №2009138269/22; заявл. 15.10.09; опубл. 20.10.10. -8 с.
- 5 А.с. SU107155A1 Российская Федерация, H02, G7/16. Самодвижущаяся или передвигаемая вручную машина для очистки гололедообразований с проводов воздушных линий связи траверсного профиля / Климов М.А. -№455078; заявл. 13.08.55; опубл. 01.01.57. -6 с.
- 6 Пат. RU119951U1 Российская Федерация, H02, G7/16. Устройство для плавки гололеда / Шиликбаева А.С., Шиликбаев У.С., Шиликбаев С.К. (РК). -№2012115181/07; заявл. 17.04.12; опубл. 27.08.12. -1 с.
- 7 Пат. RU114233U1 Российская Федерация, H02, G7/16. Устройство наружной установки для плавки гололеда / Зубанков А.М., Вершинин В.В., Югалдин А.Н. (РФ). -№2011140515/07; заявл. 05.10.11; опубл. 10.03.12. -8 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: удаление льда, защита линии электропередачи, очистка проводов, сброс льда, антиобледенение линии электропередачи

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Данилов Геннадий Александрович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Шушара Павел Георгиевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТ НА МНОГОРУКАВНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Н.В. Голышев, А.В. Ботвинков

HYDRAULIC SUBSTANTIATION WORK ON MANY ARMS OF RIVERS

«Novosibirsk state academy of water transport»

N.V. Golyshev, A.V. Botvinkov

The paper contains an analysis of the system of equations, designed for calculating the distribution of water streams in difficult areas of the rivers. It is shown that the correct distribution channel equations for many arms plots obtained equation is equivalent to Kirchhoff equation. An efficient method and algorithm for calculating the distribution of water flow in the river systems.

Keywords: section of the river, the flow of water, riverbed equation

Выполнен анализ системы уравнений, предназначенной для расчета распределения расходов воды в сложных участках рек. Показано, что при корректном распространении уравнений русла на многорукавные участки получаются уравнения эквивалентные уравнениям Кирхгофа для цепей постоянного тока. Разработан эффективный метод и алгоритм расчета распределения расходов воды в речных системах.

Среди важных вопросов проектирования путевых работ на многорукавных участках является гидравлическое обоснование намечаемых мероприятий. Следует отметить, что одной из важных проблем при рассмотрении методов и конкретных решений, по улучшению судоходных условий на многорукавных участках рек, без которых невозможно принять обоснованного решения, является определение и регулирование распределения расходов воды по рукавам и способности их регулирования. Это необходимо для проектирования инженерных объектов, располагающихся в русле любой реки, но особую актуальность это имеет для многоузловых участков, где истинные направления расходов либо неизвестны, либо могут измениться при изменениях параметров русла в результате путевых работ.

В целом, гидравлическое обоснование включает: определение расчётных расходов и уровней воды; расчет распределения расходов воды по рукавам в бытовом и проектном состояниях; а также оценку понижения проектного уровня воды. Решением этой проблемы занимались В.В. Дегтярев [1], Н.Е. Кондратьев [2], В.П. Прокопьев [7], Н.А. Ржаницын [3], А.И. Седых [4], Ф.М. Чернышев [5], С.Р. Чалов [7] и др.

В предлагаемой работе проведен анализ системы уравнений для решения задачи расчета расходов воды в сложных участках рек. Показано, что при корректном распространении уравнений гидравлики русла на многорукавные участки исходные уравнения являются уравнениями Кирхгофа для цепей постоянного тока. Разработан и реализован устойчивый алго-

ритм решения задачи расчета расходов в таких речных системах.

Многорукавные участки рек можно разделить на два класса [2, 3, 8]: двухузловые (рисунок 1) и многоузловые (рисунок 2).

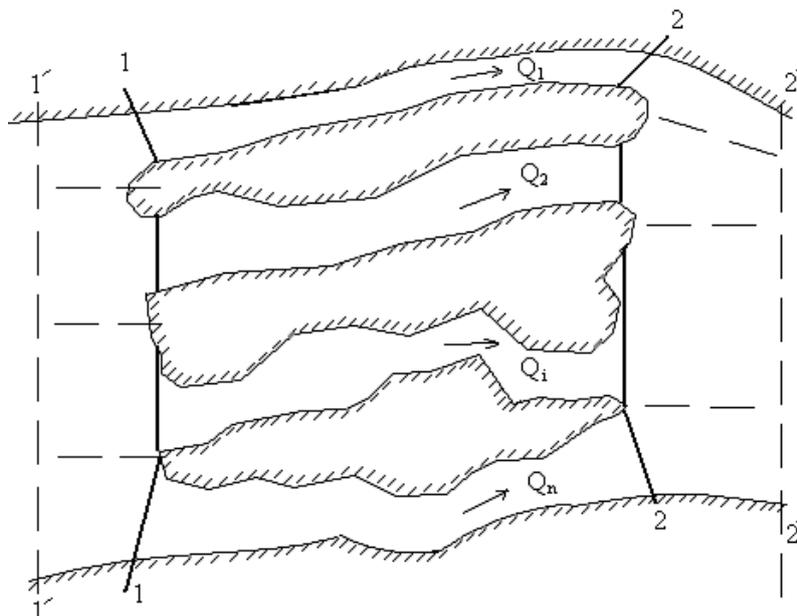


Рисунок 1 – Двухузловой участок реки

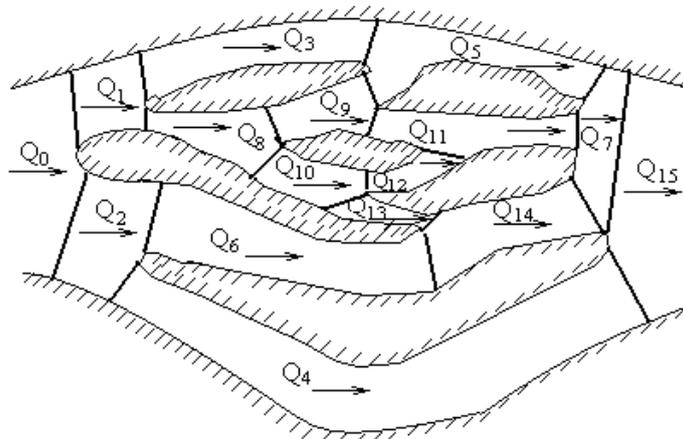


Рисунок 2 – Многоузловой участок реки

На рисунках 1 и 2 приняты обозначения: Q_i -расход воды в i -ом рукаве; Q_0 -общий расход воды; F_i, F_j -соответственно модули сопротивления русла при известном наполнении на i -ом и j -ом участках

Известные методы расчета многорукавных участков рек базируются на основе решения систем нелинейных уравнений [5,7-9]. Из анализа таких систем уравнений следует, что фактически они основаны на распространении уравнения движения для установившегося одномерного потока в русле на многорукавные участки.

Используя матричную форму записи [9-11], их можно представить в виде:

$$AQ = Q_{in}; \quad (1)$$

$$C \Delta Z = 0; \quad (2)$$

$$\Delta z = q^2 f, \quad (3)$$

где $\Delta z, q, f$ –падение уровня свободной поверхности на участках русла, расход и модуль сопротивления участка соответственно;

A – матрица соединений;

Q – вектор неизвестных расходов;

- С – матрица независимых контуров;
 Δz – вектор падений уровней на элементах;
 Q_m – известный (заданный) расход во входном створе.

Решение системы уравнений (1) и (2) имеет целый ряд математических трудностей, связанных с нелинейностью уравнений (2) и (3). Другая проблема обусловлена тем, что диапазон величин модулей сопротивлений входящих в уравнения (2) в практических задачах составляет 2-3 порядка. Последнее обстоятельство приводит к плохой обусловленности задачи.

Следует отметить, что на сегодняшний день не существует какого-либо общего метода решения задачи расчета распределения расходов при неизвестном наполнении русла, то есть для проектного состояния. Дело в том, что при проектировании инженерных мероприятий на разветвленном участке наполнение русла является известным только в нижнем граничном сечении [1, 5, 8 и др.].

Поэтому на практике решение задачи расчета при проектном состоянии производится экстраполяцией решения для бытового уровня с последующим итерационным уточнением. При этом, обычно принято вводить допущения о независимости модуля сопротивления отдельных рукавов в зависимости от изменения положения свободной поверхности воды.

В настоящее время приведенная система уравнений используется в существующих методах расчёта, как двухузловых, так и для многоузловых участков [5, 7-9].

В работах [5, 7] описывается определение распределения расходов воды по системе нелинейных уравнений (1), (2). Решение этих уравнений используется в методе расчета многоорукавных участков в работе [9]. Там – же было отмечено, что при количестве рукавов более 7-10 наблюдается отсутствие сходимости решения.

В работе [10] показано, что распространение уравнений для неразветвленного участка реки на расчет многоузловых участков реки проделано в общем случае некорректно. Уравнения в такой форме могут быть использованы лишь для топологий русла типа «дерево» в которых знаки направлений расходов положительны и неизменны и только при отсеивании нефизических решений, например, по принципу минимизации потерь [10, 11]. Выполнить эти ограничительные условия весьма затруднительно, так как функция потерь в задаче (1)-(3) является многоэкстремальной. Последнее можно проверить путем минимизации функции потерь на участке реки.

Действительно, если принятое при расчете за положительное направление потока не совпадет с фактическим, то знак расхода на таком участке станет отрицательным. При этом мощность потерь на таком участке, определяемая формулой

$$p = q \Delta z = q^3 f,$$

также становится отрицательной, что противоречит физическому смыслу, так как любой участок русла является чисто диссипативной системой и должен рассеивать энергию потока. Функция потерь в данном случае становится многоэкстремальной и найденный в результате решения локальный минимум может не быть глобальным. Последнее обстоятельство приводит к появлению множества допустимых решений системы уравнений (2), (3), которые физически не реализуются.

Из физического смысла силы трения как силы, направленной противоположно скорости [17], следует, что для корректного распространения уравнения Шези на многоорукавные участки его необходимо записать в самосогласованной форме

$$\Delta z = q \cdot |q| \cdot f, \tag{4}$$

либо, что эквивалентно $\Delta z = \text{sign}(q) \cdot |q|^2 \cdot f$.

где $\text{sign}(q)$ – функция, равная 1 при $q \geq 0$ и -1 при $q < 0$.

Мощность потерь на участке русла

$$p = q \cdot \Delta z = |q|^3 \cdot f.$$

В этом случае при произвольно выбранном положительном направлении движения потоков автоматически соблюдаются корректность знаков падений уровней и знаков потоков и соответственно неотрицательность рассеиваемой на участке реки мощности.

Установленная аналогия между уравнениями Кирхгофа для диссипативной электрической цепи и для многоорукавного участка реки представлена в таблице 1 [10, 11].

При составлении уравнений для узлов предполагается, что токи (расходы) направляе-

мые к узлы считаются положительными. В членах уравнений для суммы падения напряжений (уровней) при обходе которых, по замкнутому контуру направление тока (расхода) совпадает с напряжением обхода берутся со знаком «плюс», в противном случае «минус». Если в результате расчёта знаки некоторых расходов окажутся отрицательными, то действительные (физические) направления течений в этих рукавах противоположны принятым при расчёте.

Таблица 1 – Соответствия между электрической цепью постоянного тока и многорукавным участком реки

Электрическая цепь	Многорукавный участок реки
i -электрический ток	q -объемный расход
$u = \varphi_1 - \varphi_2$ -падение напряжения на участке цепи, где φ – электрический потенциал	$\Delta z = z_1 - z_2$ -падение уровня на участке реки, где z – уровень свободной поверхности
$r(i)$ -электрическое сопротивление	$\chi(q) = q f$ -гидравлическое сопротивление
$u = i \cdot r(i)$ -закон Ома	$\Delta z = q \cdot \chi(q)$ -уравнение Шези
$p = i \cdot u$ -мощность потерь на участке цепи	$p = q \cdot \Delta z$ -мощность потерь на участке русла

Таким образом, уравнения для участка русла полностью эквивалентны уравнениям для участка электрической цепи. Соответственно уравнения неразрывности потока и равенства нулю алгебраической суммы падений уровней свободной поверхности по замкнутому пути многорукавного участка русла аналогичны уравнениям для электрических токов в цепях постоянного тока (системой уравнений Кирхгофа).

С учетом изложенного корректную форму записи, уравнений можно представить в виде

$$A \cdot Q = \bar{Q}, \quad (5)$$

$$C \cdot \Delta Z = 0, \quad (6)$$

$$\Delta z = q \cdot |q| \cdot f. \quad (7)$$

- где A – матрица соединений $[N \times M]$;
 Q – вектор неизвестных расходов $[M \times 1]$;
 C – матрица независимых контуров $[K \times M]$;
 Δz – вектор падений уровней на элементах $[M \times 1]$;
 \bar{Q} – вектор известных (заданных) расходов $[N \times 1]$;
 M – число неизвестных расходов;
 N – число независимых узлов;
 K – количество независимых (элементарных) контуров
 $K = M - N$.

Уравнения обобщены на практически важные случаи обоснования путевых работ, когда исследуемый участок реки имеет несколько заданных расходов в различных створах. Для этого заданные расходы в узлах представлены в виде вектора \bar{Q} . При заданном векторе модулей сопротивлений участков русла F уравнения (5) и (6) полностью определяют задачу расчета расходов и падений уровней на многорукавном участке реки.

Как показано в работах [10, 11] эта задача имеет единственное решение, соответствующее минимуму потерь в системе.

Учитывая установленную аналогию с цепью постоянного электрического тока, расчет расходов можно проводить, используя специализированные среды схемотехнического моделирования (P Spice, MicroCap и др. [14,16]). Однако непосредственное использование уравнений в форме (5)-(7) для расчета распределения расходов выявило недостаточно высокую эффективность работы алгоритма расчета. В частности, наблюдались отсутствие сходимости и останов работы из-за переполнения разрядной сетки компьютера. Ниже установлены причины неудовлетворительной работы алгоритмов при численном решении этой системы уравнений.

Для решения системы нелинейных уравнений обычно используются модификации метода Ньютона-Рафсона, требующие вычисления градиента для расчета матрицы Якоби [12-14]. В соответствии с этим методом представим систему в виде системы скалярных уравнений относительно неизвестных расходов

$$\Phi = \begin{bmatrix} A \cdot Q - \bar{Q} = 0 \\ C \cdot \Delta Z = 0 \end{bmatrix}.$$

Здесь Φ вектор скалярных уравнений размерностью $[M \times 1]$

$$\varphi_n(Q) = \varphi_n(q_1, q_2, q_3, \dots, q_M) = 0; \quad n = 1, \dots, N. \quad (8)$$

В развернутой записи будем иметь

$$\varphi_n(Q) = \sum_{k=1}^M A_{nk} \cdot q_k - \bar{q}_n = 0; \quad n = 1, \dots, N;$$

$$\varphi_n(Q) = \sum_{k=1}^M C_{n-Nk} \cdot \Delta z(q_k) = 0; \quad n = N+1, \dots, M,$$

где

$$\Delta z(q_m) = q_m \cdot \chi(q_m).$$

Процедура решения системы (5)-(7) методом Ньютона в принятой системе обозначений представляется в виде [12, 13]

$$\Phi(Q^0) = 0; \quad (9)$$

$$\Phi(Q)_{i+1} = Q_i - J^{-1}(Q_i) \cdot \Phi(Q_i); \quad (10)$$

$$J(Q) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \varphi_1(Q)}{\partial q_1} & \frac{\partial \varphi_1(Q)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \varphi_1(Q)}{\partial q_M} \\ \frac{\partial \varphi_2(Q)}{\partial q_1} & \frac{\partial \varphi_2(Q)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \varphi_2(Q)}{\partial q_M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial \varphi_M(Q)}{\partial q_1} & \frac{\partial \varphi_M(Q)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial \varphi_M(Q)}{\partial q_M} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

где i – номер итерации.

Уравнения (9)-(11) представляют собой вектор начальных условий, формулу итерационного процесса и матрицу Якоби (якобиан) соответственно.

Как известно, [12] для сходимости итерационного процесса необходимо выполнение двух условий:

– невырожденность определителя $\det J(Q) \neq 0$, что обеспечивает существование обратной матрицы в (10);

– ограниченность вторых производных

$$\left| \frac{\partial^2 \varphi_i(Q)}{\partial q_j \partial q_k} \right| \leq L; \quad i, j, k = 1, 2, \dots, M.$$

Нетрудно видеть, что второе необходимое условие не выполняется. Более того, функция гидравлического сопротивления входящая в уравнения $\chi(q) = |q| \cdot f$, будучи непрерывной, недифференцируема в классическом смысле в точке $q = 0$.

Для устранения этого недостатка выражение для гидравлического сопротивления было заменено другим подходящим, удовлетворяющим принципу регуляризации [12, 15]. Для регуляризации дифференцирования функции гидравлического сопротивления $\chi(q)$ модуль $|q|$ рассматривался как обобщенная функция [15]. Были опробованы различные виды дифференцируемых функций с параметром которые в пределе аппроксимируют функцию модуля расхода и при этом являются не менее чем дважды дифференцируемыми. При этом оказалось, что выбор конкретного вида такой функции не является критичным. Во всех случаях обеспечивалась уверенная сходимость алгоритма. Поэтому была выбрана достаточно простая дифференцируемая гладкая функция вида

$$\chi(q, \varepsilon) = q \cdot \lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \left[\frac{2}{\pi} \arctg(\varepsilon \cdot q) \right] f. \quad (12)$$

Очевидно, что

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} [\chi(q, \varepsilon)] = q \cdot \text{sign}(q) \cdot f = |q| \cdot f.$$

В процессе испытания алгоритма было установлено, что при некоторых начальных условиях (и практически всегда, если начальные условия были нулевыми) происходил останов программы. Анализ показал, что это происходило из-за вырожденности якобиана на некоторых стадиях итерационного процесса. Действительно, при нулевых начальных значениях

расходов все гидравлические сопротивления обращаются в нуль. При этом обратная матрица в (10) становится сингулярной, так как $\det J(Q) = 0$.

Для предотвращения переполнения разрядной сетки при расчетах было использовано уточненное выражение для гидравлического сопротивления в котором был учтен член вязкого сопротивления α пропорциональный первой степени расхода [17] которым в уравнении для гидравлического сопротивления обычно пренебрегают ввиду его малости по сравнению с квадратичным, обусловленным турбулентной вязкостью

$$\Delta z(q, \varepsilon, \alpha) = q[\alpha + \chi(q, \varepsilon)]. \quad (13)$$

Здесь $\alpha \geq 0$ член описывающий вязкость, который может быть выбран одинаковым для всех гидравлических сопротивлений участка. Таким образом, он может быть использован как дополнительный регуляризирующий параметр. Действительно, нетрудно видеть, что последнее выражение асимптотически переходит в выражение для Δz

$$\lim_{\substack{\alpha \rightarrow 0 \\ \varepsilon \rightarrow \infty}} \{q[\alpha + \chi(q, \varepsilon)]\} = q \cdot |q| \cdot f.$$

В результате проведенной регуляризации была достигнута стабильная работа алгоритма при произвольных начальных условиях, включая и нулевые.

Численное моделирование на основе регуляризованного алгоритма при различном количестве рукавов (до 60) и количестве узлов (до 20) при различных значениях модулей сопротивлений участков показало, его высокую эффективность. Было установлено, что определяющее влияние на процесс сходимости оказывает не непосредственное количество рукавов и сложность топологии речных участков, а диапазон разброса значений модулей сопротивлений. Проверка показала, что устойчивая работа алгоритма сохраняется в диапазоне $F_{\max}/F_{\min} = 1-1000$, где F_{\max}, F_{\min} - минимальное и максимальное значения модулей сопротивлений исследуемого участка реки. Представляется, что такой диапазон является достаточным для нужд практических расчетов. Дополнительное расширение диапазона может быть достигнуто при введении в уравнения соответствующей нормировки.

Для проведения расчетов оказалось удобным использовать программный пакет Мисгосар, который позволяет простыми средствами ввести необходимые регуляризованные выражения во встроенный алгоритм Ньютона-Рафсона и избавляет от необходимости создания дополнительного программного обеспечения. Среда Мисгосар является средой визуального программирования, и процесс задания топологии происходит интерактивно в графическом режиме. Кроме того, имеются необходимые средства для анализа и контроля, как процесса сходимости алгоритма, так и контроля точности полученного решения.

Точность моделирования устанавливается пользователем из условий удовлетворения потребностям инженерной практики.

Ниже приведены результаты решения задачи определения расходов на участке реки. Граф участка русла реки с указанием принятых положительных направлений расходов и нумерации узлов приведен на рисунке 3.

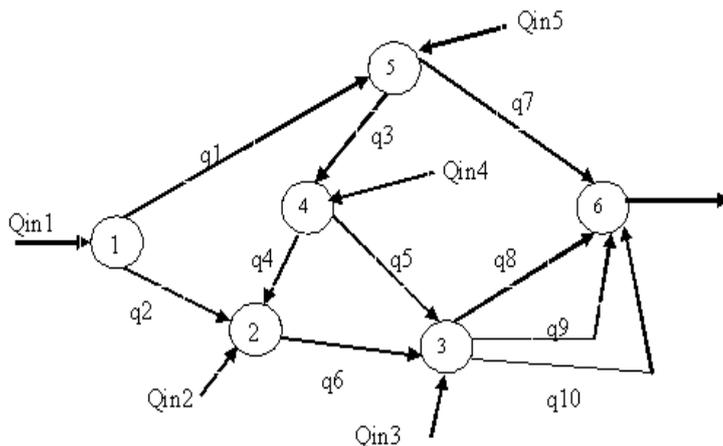


Рисунок 3 – Граф участка русла реки

Моделирование показало, что время решения задачи не превышает двух-трех секунд. Для расчета использовался метод Ньютона-Рафсона с регуляризацией в соответствии с предложенными соотношениями. Диапазон значений модулей сопротивлений (нормированных относительно наибольшего значения) составлял от 1 до 1000. Оценка погрешностей вычислений расходов (нормированных относительно значения входного расхода) и падений уровней на участках проводилась по невязкам уравнений Кирхгофа. Модули значений невязок лежат в пределах не превышают $10^{-4}-10^{-5}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Дегтярев, В.В. Улучшение судоходных условий сибирских рек / В.В. Дегтярёв. -М.: Транспорт, 1987. -176 с.

- 2 Кондратьев, Н.Е. Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Н.Е. Кондратьев, Е.В. Попов, Б.Ф. Смищенко. -Л.: Гидрометеиздат, 1982. -272 с.
- 3 Ржаницын, Н.А. Морфологические и гидроэкологические закономерности строения речной сети / Н.А. Ржаницын. -Л.: Гидрометеиздат, 1960. -238 с.
- 4 Седых, А.И. Путевые работы на судоходных реках: справ. пособие / А.И. Седых, Ф.М. Чернышев, А.В. Кабанов. -М.: Транспорт, 1978. -328 с.
- 5 Чернышев, Ф.М. Повышение эффективности путевых работ на многорукавных участках рек / Ф.М. Чернышев. -Новосибирск: Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп., 1973. -324 с.
- 6 Чалов, С.Р. Формирование структуры русловых разветвлений / С.Р. Чалов // Геоморфология. -2006. -№1. -С. 92-102.
- 7 Прокопьев, В.П. Реконструкция судоходной трассы в зоне якутского транспортного узла на реке Лене с учетом ее урбанизации при завершении строительства Амуро-Якутской магистрали: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.П. Прокопьев. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. -17 с.
- 8 Гришанин, К.В. Теория руслового процесса / К.В. Гришанин. -М.: Транспорт, 1972. -216 с.
- 9 Чалов, С.Р. Имитационное моделирование распределения расходов воды по рукавам разветвлений / С.Р. Чалов, Е.Н. Крютченков // Безопасность речных гидротехнических сооружений: материалы междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Г.Л. Гладкова; СПГУВК. -СПб., 2008. -Кн. 1.
- 10 Голышев, Н.В. Методы анализа распределения потоков на сложных участках рек / Н.В. Голышев, А.В. Ботвинков, А.Ю. Лапай // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 199-204.
- 11 Анализ диссипативных систем методом нелинейного программирования / Н.В. Голышев, С.В. Моторин, А.В. Ботвинков, А.Ю. Лапай // Актуальные проблемы электронного приборостроения :АПЭП-2012: тр. XI Междунар. науч.-техн. конф. -Новосибирск, 2012. -Т.5.
- 12 Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. -М.: Наука, 1978. -512 с.
- 13 Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.А. Марон. -М.: Наука, 1970. -664 с.
- 14 Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. для вузов / Л.А. Бессонов. -М.: Высш. шк., 1978. -528 с.
- 15 Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. -М.: Наука, 1974. -224 с.
- 16 Разевиг, В.Д. Система схемотехнического моделирования Мисгосар / В.Д. Разевиг. -М.: СОЛОН, 1997. -273 с.
- 17 Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя: пер. с нем. / Г. Шлихтинг. -М.: Наука, 1974. -712 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *участок реки, расход воды, уравнение русла*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Голышев Николай Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Ботвинков Антон Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ РЕЧНЫХ ПОРТОВ РОССИИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.И. Ворошилова, Е.М. Сорокин

THE MAIN RATES OF WORK RUSSIAN RIVER PORTS
«Novosibirsk state academy of water transport»
M.I. Voroshilova, E.M. Sorokin

Considered the issues of operation of river ports and inland waterways in modern conditions due to the study of information-analytical materials according to the Federal Agency of sea and river transport, goals and objectives for the development of inland water transport and river ports on the medium-term prospect till 2014.

Keywords: river port, inland water transport

Рассмотрены вопросы работы речных портов и внутренних водных путей в современных условиях вследствие изучения информационно-аналитических материалов по данным Федерального агентства морского и речного транспорта, цели и задачи по развитию внутреннего водного транспорта и речных портов на среднесрочную перспективу до 2014 года.

Речные порты являются узловыми объектами внутреннего водного, железнодорожного и автомобильного видов транспорта, играют важную роль в обеспечении перевозок грузов и пассажиров, внутреннего грузо- и пассажирооборота страны.

В соответствии с откорректированным в 2011 году «Перечнем портов» с указанием портов общего пользования, видов осуществляемых в портах операций, на территории Российской Федерации функционирует 119 речных портов и самостоятельных причалов. В них осуществляли деятельность по перевалке грузов и обслуживанию пассажиров 133 хозяйствующих субъекта. Все порты являются коммерческими организациями в виде акционерных обществ либо обществ с ограниченной ответственностью.

На работу портов оказывают влияние как объем перевозимых и перерабатываемых грузов, так и протяженность водных путей.

Объем перевозок грузов на внутреннем водном транспорте в 2011 году существенно вырос и составил 126,6 млн. т (+20,7% к уровню 2010 года). В районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности за отчетный период было отправлено 19,4 млн. т грузов

(+7,7% к уровню прошлого года). Во многих речных бассейнах перевозки пассажиров обеспечивают транспортные связи приречных городов и населенных пунктов. В 2011 году перевозки пассажиров снизились на 13,1% по сравнению с тем же периодом прошлого года и составили 14,1 млн. человек. Пассажирооборот предприятий речного транспорта России за 2011 год составил 680 млн. пассажиро-км, что на 11,3% меньше аналогичного показателя прошлого года.

По грузообороту более 70% из числа сухогрузов составляют минерально-строительные грузы, среди которых преобладают нерудные стройматериалы (пески, песчано-гравийные смеси и гравий), добытые речными портами из русловых и пойменных месторождений для поставки потребителям – предприятиям стройиндустрии и дорожного хозяйства. В 2011 году структура переработанных грузов следующая: строительные пески, песчано-гравийные материалы – 78,79%, другие сухие грузы – 14,36%, нефть, нефтепродукты – 6,85%.

Протяженность обслуживаемых внутренних водных путей с гарантированными габаритами с 2000 года увеличилась на 5927 км.

23 судоходных гидротехнических сооружения (СГТС) повысили свой уровень безопасности, из них 5 СГТС с уровня «опасный». 40000 км составляет покрытие внутренних водных путей электронными картами.

Протяженность внутренних водных путей Российской Федерации в навигацию 2011 г. составила 101 333,6 км. По категориям средств навигационного оборудования протяженность с гарантированными габаритами судовых ходов составила 48 324,1 км.

На балансе государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства находится около 2 800 единиц технического флота. Ежегодно в эксплуатацию вводится около 70 единиц флота. Средний возраст судов составляет более 30 лет, износ – 85%. В частности, протяженность водных путей по Обскому ГБУВПиС приведена в таблице.

Таблица – Протяженность водных путей Обского ГБУВПиС, км

С гарантированными габаритами всего, в том числе:	3206
– освещаемая	2036
– с светоотражателями	1170
Без гарантированных габаритов всего, в том числе:	1046
– неосвещаемая	1046
Без НОСХ	2993
Итого	7245

Изучение информационно-аналитических материалов к расширенному заседанию Совета Федерального агентства морского и речного транспорта 16 марта 2012 г. «Об основных итогах деятельности морского и внутреннего водного транспорта в 2011 году, задачах на 2012 год и среднесрочную перспективу до 2014 года» дает представление о современной работе внутренних водных путей и работы портов. Общий объем финансирования программ и мероприятий Росморречфлота, касающийся непосредственно внутренних водных путей и работы портов составил 49,3 (+16,5%) млрд. руб.

В 2011 году капитальные вложения из федерального бюджета на подпрограмму «Внутренний водный транспорт» выделены в объеме 9 148 701,7 тыс. руб. (139% к объему 2010 года), что исполнено на 99%.

Объем софинансирования в 2011 году, предусмотренный утвержденной подпрограммой «Внутренний водный транспорт», за счет внебюджетных источников составляет 1 729 600,0 тыс. руб. (капитальные вложения – 1 729 600,0 тыс. руб.), привлечено по факту – 3 657 500,0 тыс. руб.

Работы по реконструкции велись на 29 объектах, проектно-изыскательские работы по 9 проектам, из них 5 комплексных проектов реконструкции гидротехнических сооружений водных бассейнов. Что касается Обского региона, в материалах относительно ФБУ «Обское ГБУВПиС» упоминается реконструкция Новосибирского шлюза. По второму этапу реконструкции (реконструкция подходного канала и ворот) – выполнены инженерно-геодезические изыскания и обследования конструкций гидротехнического сооружения, ведутся проектные работы.

В части формирования плана мероприятий второго этапа Концепции реформирования системы управления внутренними водными путями Российской Федерации проект плана включает, в частности, следующие вопросы, касающиеся речных портов:

- создание Администрации речных бассейнов на базе действующих государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства;

- введение системы государственного портового контроля на внутренних водных путях, включающее в себя принятие соответствующих нормативных правовых актов и проведение организационно – штатных мероприятий;

– усовершенствование системы диспетчерского регулирования движения судов по внутренним водным путям и в акваториях речных портов, и иные мероприятия.

Концепция создания администраций речных бассейнов включает в себя, в частности, следующие вопросы:

– наделение Росморречфлота функцией по организации государственного портового контроля судов на ВВП и централизованного учета результатов такого контроля;

– переименование ГБУВПиС в Администрации речных бассейнов и создание в них института капитанов речных бассейнов, возглавляющих инспекции государственного портового контроля;

– страхование гражданской ответственности судовладельца за причинение вреда имуществу юридических и физических лиц, в том числе загрязнением с судна нефтью и нефтепродуктами, а также вреда инфраструктуре речного порта, морского порта и инфраструктуре внутренних водных путей.

В настоящее время разработано также достаточное количество правовых документов в развитие предстоящих изменений в законодательстве Российской Федерации по вопросам обеспечения безопасности судоходства на ВВП РФ. В частности, «Положение об Администрациях речных бассейнов»; «Положение о государственном портовом контроле судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания в речных бассейнах, централизованном учете такого контроля, формах актов осмотра судов»; «Перечень речных портов, в которых вводится портовый контроль».

Целями Росморречфлота в рамках основных программ на среднесрочную перспективу до 2014 года остаются:

– повышение конкурентоспособности внутреннего водного транспорта на основе создания благоприятной экономической среды;

– развитие инфраструктуры речного транспорта, создание условий для строительства новых инфраструктурных объектов;

– организация обновления транспортного флота, пополнение его новыми современными конкурентоспособными судами различного назначения;

– проведение реформирования системы управления внутренними водными путями Российской Федерации.

Для достижения основных целей приоритетными задачами Росморречфлота на 2012 год и среднесрочную перспективу до 2014 года являются:

– обеспечение развития портовой инфраструктуры на внутренних водных путях международного значения;

– обеспечение надежности и безопасности функционирования объектов инфраструктуры на внутреннем водном транспорте;

– подготовка квалифицированных специалистов и членов экипажей для предприятий отрасли;

– увеличение транспортного, технического и аварийно-спасательного флота.

Из общего числа речных портов выделяют следующие: порты, открытые для международного сообщения; порты внутреннего плавания международного значения. Этим портам, судя по изучению материалов Росморречфлота, и уделяется приоритетное внимание в смысле развития (финансирования). В силу своего географического положения, большинство портов Обского региона не относится ни к тем, ни к другим. Портовая инфраструктура и внутренний водный транспорт Обского бассейна занимают небольшой объем в общей воднотранспортной структуре. Но необходимо заметить, что для достижения высоких социально-экономических показателей различные области страны должны развиваться равномерно. Направления деятельности Федерального агентства морского и речного транспорта в полной мере должны способствовать развитию Обского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Об основных итогах деятельности морского и внутреннего водного транспорта в 2011 году, задачах на 2012 год и среднесрочную перспективу до 2014 года. Информационно-аналитические материалы к расширенному заседанию Совета Федерального агентства морского и речного транспорта, 16 марта 2012 Москва 2012. – Режим доступа: <http://www.korabel.ru/filemanager/DOCS/0/0/4.doc> - Загл. с экрана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *речной порт, внутренний водный транспорт*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ворошилова Марина Игоревна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Сорокин Евгений Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ВОЛНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ДВИЖУЩЕГОСЯ СУДНА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.И. Сичкарев, К.И. Зинченко

NEW TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF WAVE-MEASURING SUPERVISION FROM THE MOVING VESSEL

«Novosibirsk state academy of water transport»

V.I. Sichkarev, K.I. Zinchenko

Modern computer technologies allow to accelerate obtaining parameters of the actual excitement and at the same time to increase informational content of results with transition to an assessment of risk of swimming on excitement.

Keywords: parameters of waves, vessel, photoregistration

Современные компьютерные технологии позволяют ускорить получение параметров фактического волнения и одновременно повысить информативность результатов с переходом к оценке риска плавания на волнении.

Поставленная в начале 1990-х годов исследовательская задача – обеспечить возможность непосредственного измерения геометрических параметров волн дистанционно на ходу судна – была успешно решена, [1-10], и к настоящему времени может быть проиллюстрирована схемой на рисунке 1.

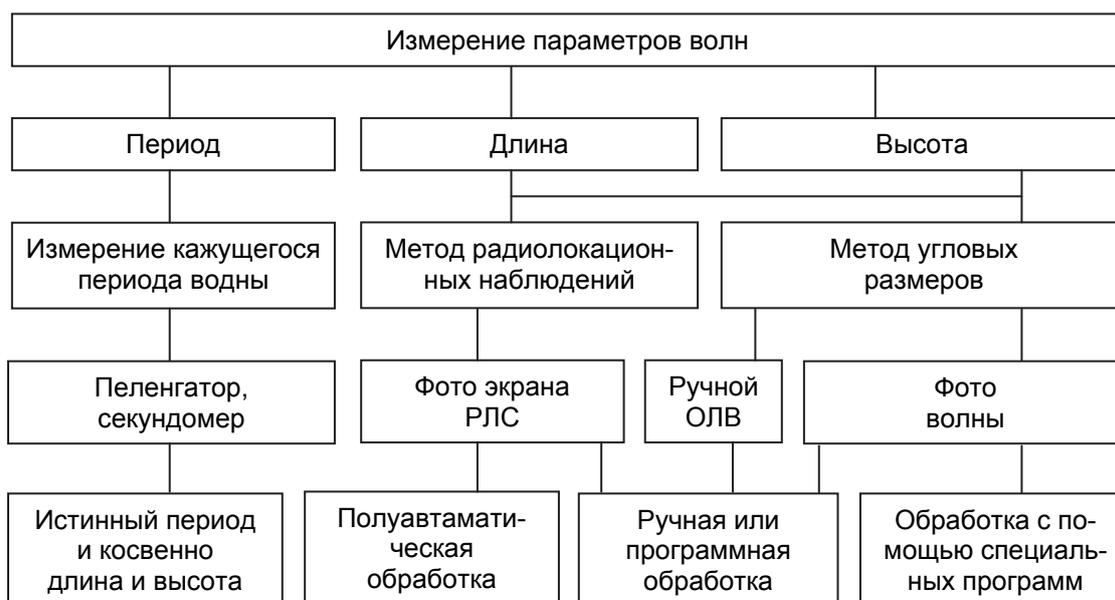


Рисунок 1 – Схема разработанных способов получения параметров волн на движущемся судне

Метод угловых расстояний, предложенный и реализованный В.И. Сичкаревым в 1993 году сначала в виде двухлинейного, а позднее – трёхлинейного ортогонально-линейного волномера (ОЛВ), опробован в 1993-1996 гг. в Японском море с борта учебно-производственного судна «Иван Ползунов». Для замеров этим методом из всего волнового поля удобно выбирать наиболее рельефные, крутые волны. Сопоставительными наблюдениями [2-4] было показано, что средние длины волн из серии волномерных наблюдений рельефных волн совпадают со средними длинами волн в наблюдаемом волновом поле, что даёт объективное основание для перехода в судоводительских задачах плавания на волнении к вероятностным расчётам на основе распределения Вейбулла, позволяющим количественно оценивать риски плавания заданными курсами и скоростями на наблюдаемом волнении.

В приведённой схеме на рисунке 1 наряду с методами ручной обработки обращает на себя внимание появление программных и полуавтоматических методов обработки наблюдений. Развитие этих методов позволяет вплотную приблизиться к обработке достаточно больших статистик, недостижимых при ручной обработке, что повышает достоверность ста-

тистического описания волнового поля. Рассмотрим подробнее особенности и возможности этих методов.

К недостаткам ручных измерений параметров волн ортогонально-линейным волномером можно отнести, во-первых, потребность в отработанной сноровке в наведении линеек на горизонт, подошву и вершину волны, и в выдвигании горизонтальной линейки на вершины двух соседних волн, и во-вторых, необходимость достаточно быстрого и точного выполнения этих совмещений.

Один из путей преодоления этих недостатков – фоторегистрация волны и затем уже спокойная обработка снимков.

Под термином «фоторегистрация» понимается выбор рельефной волны, расположенной достаточно близко к судну, но не в зоне действия корабельных волн; наличие в кадре чётко видимого горизонта; выбор направления и момента съёмки, когда вертикальная плоскость, в которой лежит оптическая ось объектива фотоаппарата, проходит через подошву измеряемой волны параллельно линии фронта этой волны.

Несколько снимков, отвечающих требованиям фоторегистрации волны, выбранных из видеозаписи А.П. Маркина волнения в Татарском проливе Японского моря, были подвергнуты К.И. Зинченко обработке в графическом редакторе Adobe Photoshop. Он позволяет выставить на рамках снимка шкалы, ввести в кадр вертикальные и горизонтальные линейки, осуществить необходимый разворот кадра для совмещения линии горизонта с направлением горизонтальных линеек. Располагая горизонтальные линейки по вершинам и подошвам выбранных волн и по линии горизонта, а вертикальные линейки — по вершинам волн, по шкалам можно снять соответствующие размеры и вычислить длину λ и высоту h волны по формулам, полученным для ОЛВ:

$$\lambda = e \frac{\ell}{a}; h = e \frac{c}{a}, \quad (1)$$

- где e – высота глаза наблюдателя (объектива фотоаппарата) над уровнем моря;
 ℓ – отсчёт горизонтальной линейки между двумя вершинами волн;
 a – отсчёт вертикальной линейки от горизонта до линии измерения расстояния между вершинами (аналог угла снижения линии вершин относительно горизонта);
 b – отсчёт вертикальной линейки от горизонта до касательной к подошве волны;
 c – разность отсчётов вертикальной линейки между линиями вершины и подошвы волны

$$c = b - a.$$

В результате этот метод требует более сложного технического обеспечения (цифровой фотоаппарат, компьютер, программное обеспечение), но позволяет более просто и с большей точностью выполнять снятие замеров. Дальнейшие действия на мостике могут быть выстроены по следующему алгоритму. Выполнив фоторегистрацию 10-20 волн, можно получить минимальную статистику для вычисления средней длины и высоты волны, затем по распределению Вейбулла вычислить вероятность появления волн, опасных для данного судна и параметров движения. Оценить риск плавания на данном волнении с назначенными параметрами движения. Сопоставить риск с допустимым и принять решение о возможности движения заданным курсом и скоростью на имеющемся волнении. Если риск выше допустимого, помощь в выборе лучших решений могут оказать консультативные диаграммы Линдемманна.

Ещё большей информативностью, чем фоторегистрационный снимок, обладает снимок экрана РЛС, настроенной на отображение волнения вокруг судна: на РЛС включается шкала дальности 1-2 мили; включаются НКД; отключается ВАРУ; усиление приёмника увеличивается до тех пор, пока на экране не появится чёткая картина волнового поля. С увеличением усиления на экране начнут появляться всё более мелкие, вторичные волны на поверхности крупных волн. Поэтому усиление надо ограничивать выявлением основного волнения, оказывающего влияние на движение и мореходность судна. Снимок делается с расстояния, обеспечивающего хорошую фокусировку изображения, с обязательным захватом табло, отображающих шкалу дальности, шаг НКД, ориентацию изображения, курсовую черту, градуировку шкалы пеленгования. В дневных условиях лучшие результаты на снимке получаются с использованием светозащитного кожуха, надеваемого на экран РЛС, в вершине которого располагается фотоаппарат, оптическая ось которого перпендикулярна плоскости экрана РЛС и проходит через центр развёртки.

В.И. Сичкарёвым в [9] показано, что ширина засветки от волн на экране РЛС функционально связана с высотой волны, и получена формула для определения высоты волны по измерениям на снимке экрана РЛС

$$h = \frac{2e \left(1 - \frac{x}{\lambda}\right)}{\left(\frac{D}{\lambda} - 1\right) \left[1 - \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right)\right] + \left(1 - \frac{x}{\lambda}\right)}, \quad (2)$$

где h – высота волны;
 x – ширина полосы засветки;
 e – высота установки антенны РЛС над уровнем моря;
 D – расстояние от антенны до рассматриваемой волны;
 λ – длина волны как расстояние между соседними гребнями.

Обработка технологии полуавтоматической обработки фотоснимка экрана РЛС выполнена К.И. Зинченко, [10], по снимкам штормового моря у восточного побережья Японии, сделанным В.К. Лубковским, [7]. Для обработки снимка использована программа анализа изображений Altami Studio, которая выполняет автоматическое распознавание объекта, его оконтуривание, некоторые измерения в выделенных объектах, а также накопление статистик измеренных величин и их статистическую обработку. На рисунке 2 представлен фрагмент снимка экрана РЛС до и после распознавания и оконтуривания засветки от волн.

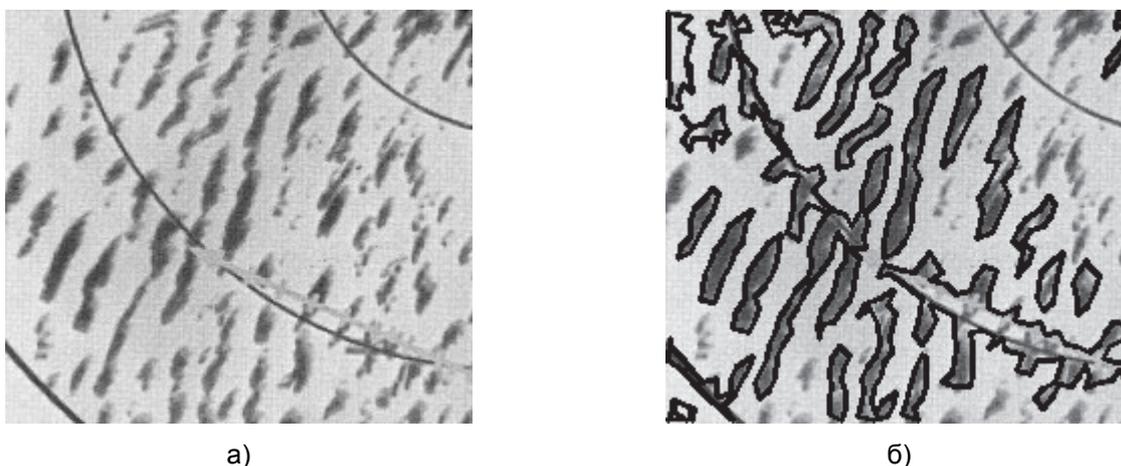


Рисунок 2 – Фрагмент снимка (негатив) экрана РЛС: а)-до обработки; б)-с оконтуренной засветкой волн и с помехами, внесёнными захваченным фрагментом неподвижного кольца дальности

В полуавтоматическом режиме на снимке могут быть проведены дополнительные линии, рисунок 3, по которым также выполняются измерение линейного размера и накопление статистики.

Обработка накопленных статистик позволяет получить гистограммы с варьируемым в диалоговом режиме шагом, и точечные оценки, рисунок 4.

Выполненные по снимку измерения и полученные точечные оценки показали завышенные результаты по длине волны и заниженные по высоте. По-видимому — это следствие особенностей автоматического распознавания и оконтуривания волновой засветки; их учёт возможен введением корректирующих коэффициентов. Для волновых условий обработанного снимка получены следующие корректирующие коэффициенты: для длины волны 0,73; для высоты 2,89.

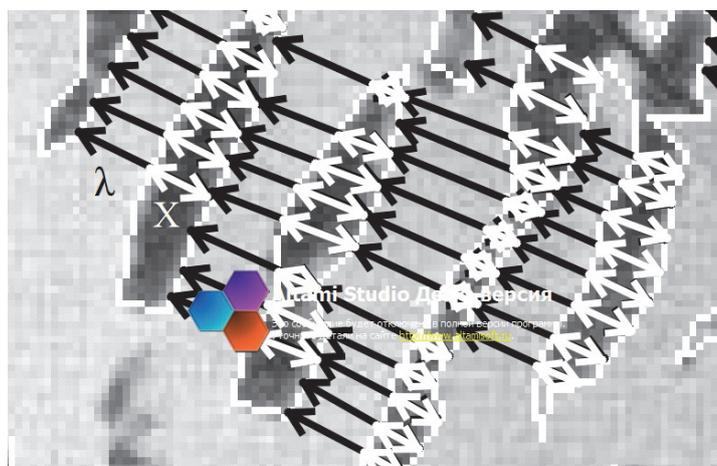


Рисунок 3 – Дополнительные линии на снимке (негатив): темные-длина волны, светлые-ширина полосы засветки для определения высоты волны

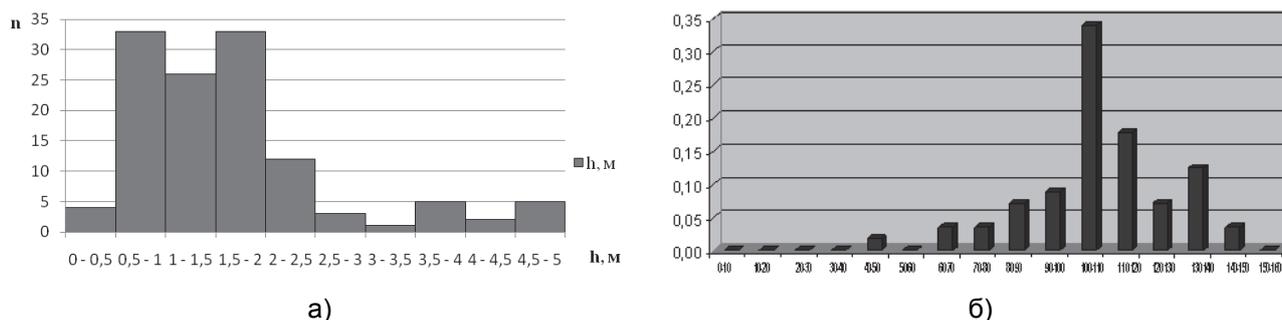


Рисунок 4 – Гистограмма распределения высот волн по снимку экрана РЛС (а); нормированная гистограмма распределения длин волн по снимку экрана РЛС (б)

Таким образом, даже частичная автоматизация процесса обработки снимков экрана РЛС позволяет существенно повысить результативность работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сичкарев, В.И. Способ и прибор для дистанционного определения длины волны на ходу судна / В.И. Сичкарев // Судовождение: управляемость, управление, навигация, обучение: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 1999. -С. 3-9.
- 2 Сичкарев, В.И. Точность измерения длин волн волномером Сичкарёва / В.И. Сичкарев // Судовождение-2000: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2000. -С. 13-25.
- 3 Сичкарев, В.И. Статистические характеристики рельефных волн, измеренных ортогонально-линеечным волномером Сичкарева / В.И. Сичкарев // Судовождение-2000: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2000. -С. 26-33.
- 4 Оценки длины волны в групповых наблюдениях ортогонально-линеечным волномером в сопоставлении с оценками другими способами / Д.Е. Брынский, С.В. Касилов, Д.В. Сердюков, В.И. Сичкарев // Судовождение-2000: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2000. -С. 34-43.
- 5 Сичкарев, В.И. Длинно-высото-волномер из трёх ортогонально расположенных линеек / В.И. Сичкарев // Судовождение-2004: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2004. -С. 4-11.
- 6 Сичкарев, В.И. Измерение высот и длин волн ортогонально-линеечным длинно-высото-волномером / В.И. Сичкарев, В.К. Лубковский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2007. -№1. -С. 48-54.
- 7 Лубковский, В.К. Сопоставление статистических характеристик волнового поля по замерам ортогонально-линеечным волномером и по фотоснимкам экрана РЛС / В.К. Лубковский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1. -С. 165-169.
- 8 Сичкарев, В.И. Определение параметров волнения по фотографии на основе метода ортогонально-линеечного волномера / В.И. Сичкарев, К.И. Зинченко // Судовождение-2010: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2010. -С. 52-58.
- 9 Сичкарев, В.И. Способ определения высот волн по радиолокационной картине волнового поля / В.И. Сичкарев // Судовождение-2010: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2010. -С. 3-19.
- 10 Зинченко, К.И. Разработка метода полуавтоматической обработки радиолокационного снимка волнения / К.И. Зинченко // Судовождение-2012: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2012. -С. 73-86.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: параметры волн, судно, фоторегистрация
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Сичкарев Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Зинченко Константин Игоревич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДНА

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»

В.А. Ершов, Д.В. Пенковский, В.И. Меньшиков

THE CHOICE OF OPTIMUM TIME OF THE CURRENT ASSESSMENT OF THE STATE OF THE SAFETY OF THE VESSEL «Murmansk state technical university»
 V.A. Ershov, D.V. Penkovsky, V.I. Menshikov

The article suggests a more effective decision-making method and timing of the assessment of the status of the ship.

Keywords: statistical decision, the safety of the ship, the optimum solution

Предложен более эффективный метод принятия решения и выбора времени проведения оценки состояния судна.

Рассмотрим процесс текущей оценки состояния безопасности, осуществляемой в системе управления этой безопасностью судна при выполнении производственного процесса.

Оценка осуществляется на основе идентификации состояния безопасности, которая классифицируется как отвечающая требованиям стандартов или не отвечающая требованиям стандартов (субстандартная). На каждом этапе текущей оценки состояния безопасности, с учетом имеющейся к этому моменту информации, капитан или его вахтенные помощники (лица принимающие решение) должны осуществить выбор одного решения из трех решений:

- П* – принять, что судно отвечает требованиям без реализации процесса оценки (не оценивать состояние судна некоторое определенное время);
- К* – реализовать процесс оценки с выделением не соответствий и сбором информации об уровне безопасности судна,
- Б* – принять решение о субстандартности состояния судна и перейти к устранению этого состояния.

Естественно, что любое из этих решений капитана или его вахтенных помощников будет связано с известными затратами (усилиями), характеризуемыми величиной *L*-штрафных санкций. Необходимо найти оптимальное время для принятия решения о проведении процесса оценки с последующим выбором одного из трех решений, при котором суммарные потери были бы в среднем минимальными. Такого рода задачу можно рассматривать в рамках теории статистических решений. Однако в данной работе будет использоваться метод принятия решения в более общей постановке задачи.

Усилия или затраты, которые будут израсходованы в процессе оценки состояния судна, удобно записать в виде следующей затратной матрицы

$$\begin{array}{l}
 \text{Решения} \\
 \text{Стандартное состояние судна} \\
 \text{Субстандартное состояние судна}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{П} & \text{К} & \text{Б} \\
 -a_1 & k & c_1 \\
 a_2 & k+d & c_2
 \end{bmatrix}.$$

В приведенной матрице величины: $-a_1, a_2, k, d, c_1, c_2$ являются известными усилиями или стоимостями затрат, соответствующих выбранному решению лица принимающего решение.

Пусть появление несоответствий при проведении процесса оценки определяется вероятностью, равной p ; при этом очевидно, что $0 \leq p \leq 1$. Тогда потери, в зависимости от принятого решения лица принимающего решение для линейности стоимостей затрат, можно определить так

$$\begin{aligned}
 L_P(p) &= -a_1(1-p) + a_2p; \\
 L_K(p) &= k(1-p) + (k+d)p; \\
 L_B(p) &= c_1(1-p) + c_2p.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Рассмотрим три уровня состояния безопасности судна, характеризуемых вероятностями появления несоответствий p_0, p_1 и p_2 , которые являются корнями следующих уравнений:

$$\begin{aligned}
 L_P(p_0) &= L_K(p_0); \\
 L_K(p_1) &= L_B(p_1); \\
 L_P(p_2) &= L_B(p_2).
 \end{aligned} \tag{2}$$

Очевидно, что если хотя бы одно из уравнений (2) не имеет корней, то одно из возможных решений (*П, К, Б*) заведомо неприемлемо и задача упрощается. Поэтому будем предполагать, что все три корня p_0, p_1 и p_2 существуют. Тогда возможен случай: $p_0 \leq p_2 \leq p_1$ при котором оптимальное решающее правило, используемое лицом принимающим решение, можно записать так:

$$\begin{aligned}
 \text{при } p \leq p_0 & - \text{принимать решение П}; \\
 \text{при } p_0 < p \leq p_1 & - \text{принимать решение К}; \\
 \text{при } p > p_1 & - \text{принимать решение Б}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Из сказанного выше следует, что если p известно, то оптимальное решение принимается лицом принимающим решение в соответствии с условиями (3). Однако в действительности значение p является неизвестным. Поэтому, чтобы принять оптимальное решение, определенное условиями (3), капитану необходимо контролировать процесс поддержания состояния безопасности на судне, собирая информацию о значении p .

Таким образом, оптимальная стратегия выбора предполагает необходимость наблюдения за процессом поддержания состояния безопасности на судне в течение некоторого вре-

мени, перед тем как принять окончательное решение. О значении p можно судить по текущим докладам начальников судовых служб относительно имеемых в этих службах несоответствиях. В такой ситуации естественна байесовская постановка задачи, когда p - случайная величина, с априорной плотностью вероятности $\pi(p)$. Пусть в результате наблюдений за состоянием безопасности судна капитаном получены доклады о k -технических средствах, отвечающих стандартам безопасности и d -технических средствах, не отвечающих требованиям безопасности (субстандартные технические средства).

Тогда по формуле Байеса апостериорная плотность распределения

$$\pi^*(p) = \frac{f\left(k, \frac{d}{p}\right)\pi(p)}{\int_0^1 f\left(k, \frac{d}{p}\right)\pi(p)dp} \quad (4)$$

Математически удобно, чтобы распределения $\pi^*(p)$ и $\pi(p)$ принадлежали одному классу распределений. Для этого распределение $\pi(p)$ должно быть сопряженным к распределению f [1]. Поскольку обычно f -биномиальное распределение, то $\pi(p)$ следует выбрать в классе β -распределений с параметрами (a, b) , как это часто делается при статистическом контроле.

Здесь следует заметить, что если $\pi(p)$ – β -распределение с параметрами (a, b) , то из (4) следует, что $\pi^*(p)$ имеет параметры $(d+a, k+b)$, причем

$$E_{\pi^*} p = \frac{(d+a)}{(d+a+k+b)} \quad (5)$$

Оптимальное же решение принимается капитаном или его вахтенными помощниками в зависимости от результата сравнения $E_{\pi^*} p$ с численными значениями p_0 и p_1 . Отсюда текущее состояние процесса текущей оценки состояния безопасности судна характеризуется параметрами (a, b) соответствующего апостериорного β -распределения. Из (5) следует, что в состоянии (a, b)

$$E_{\pi^*(a,b)} p = \frac{a}{(a+b)}; \quad E_{\pi^*(a,b)} (p-1) = \frac{b}{(a+b)} \quad (6)$$

Поэтому процесс текущей оценки состояния безопасности судна удобно представить в виде Марковской цепи с состояниями (a, b) и вероятностями перехода (6).

В каждом из состояний решается, продолжать или прекратить процесс текущей оценки состояния судна. Поскольку решение не выполнять процесс оценки в данном состоянии означает прекращение контроля состояния безопасности на весь оставшийся промежуток времени эксплуатации судна, то каждое решение должно обязательно учитывать соответствующие потери. Таким образом, эту задачу можно понимать как задачу оптимальной остановки Марковской цепи с заданной функцией потерь [2].

Тогда для выбранных стоимостей потерь их математическое ожидание $M(n+1; a, b)$ при оптимальном поведении (3) в состоянии (a, b) для $(n+1)$ не соответствий, которые должны появиться в $(n+1)$ -переходах (по терминологии цепей Маркова), равно

$$M(n+1; a, b) = \begin{cases} L_k(a, b) + \left[\frac{a}{(a+b)}\right] M(n, a+1, b) + \left[\frac{b}{(a+b)}\right] M(n, a, b+1) \\ (n+1)L_b(a, b) \\ (n+1)L_n(a, b) \end{cases}, \quad (7)$$

причем $M(0; a, b) = 0$ для любых a и b .

В выражении (7) верхняя строка соответствует продолжению процесса текущей оценки, средняя – прекращению процесса текущей оценки, а нижняя – прекращению процесса текущей оценки с утверждением определенного числа не существенных несоответствий.

Поскольку

$$(n+1)L_{B(n)}(a,b) = L_{B(n)}(a,b) + \left[\frac{n}{(a+b)} \right] [aL_{B(n)}(a+1) + bL_{B(n)}(a,b+1)], \quad (8)$$

то все выражения в (7) имеют одинаковый вид, что обосновывает справедливость второй и третьей строк. Вычисление с помощью формулы (7) удобно производить для не слишком больших значений n . В тоже время из выражений (7) и (8) следует, что справедлива оценка сверху

$$M(n,a,b) < nL_k,$$

которая способна существенно упростить расчет.

Таким образом, предложенный выбор решений при заданных затратах (усилиях) и любом наперед заданном значении N позволяет найти оптимальное время проведения оценки состояния судна $m_0(N)$. И обратно, каждому значению времени наблюдения m_0 будет соответствовать определенное наиболее экономичное значение N . Предложенный принцип оценки времени проведения оценки состояния безопасности судна более эффективен, чем рекомендуемые в теории статистического контроля, поскольку существенно упрощает определение значения оптимального времени наблюдения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Де Гроот, М. Оптимальные статистические решения / М. Де Гроот. -М.: Мир, 1974. -492 с.
2 Дынкин, Е.Б. Теория и задачи о процессах Маркова / Е.Б. Дынкин, А.А. Юшкевич. -М.: Наука, 1967. -232 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: статистические решения, безопасность судна, оптимальное решение
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ершов Владимир Александрович, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»
Пеньковский Денис Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»
Меньшиков Вячеслав Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13, ФГБОУ ВПО «МГТУ»

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ МИ-8МТВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

ЗАО «Научно-производственное объединение «СПАРК»

П.Н. Рыбкин

COMPUTER-BASED MI-8MTV HELICOPTER SIMULATOR FOR DRILLING NAVIGATION TASKS
Scientific and production association «SPARC»
P.N. Rybkin

This article presents methods of helicopter flight crews training using a computer-based navigation simulator.

Keywords: computer-based training, navigation simulator

Предложена методика обучения летного состава вертолетов на компьютерном навигационном тренажере.

При профессиональной подготовке пилот выполняет достаточно большой класс упражнений, для которых необходимы имитация приборных досок и визуализация внешнего пространства. При этом необходимый для выполнения упражнений объём визуализации намного меньше полной визуализации, используемой на лётном комплексном тренажёре. Это класс упражнений по отработке задач навигации с использованием кабинных и наземных средств навигации. Система визуализации для решения задач навигации должна обеспечить выполнение трёх требований: показ пространства вдоль тех маршрутов, которые заложены в упражнения, правдоподобная динамика полёта (скорости горизонтального полёта, скорости разворота, вертикальные скорости), реальное расположение наземных радиотехнических средств навигации. Имитируемое приборное оборудование должно соответствовать реальному авиационному и радиоэлектронному оборудованию вертолёт. Для изменения режимов полёта используются имитаторы органов управления вертолёт.

Естественно, что отработка задач навигации на тренажёре с ограниченной сферой использования (навигационным тренажёре) будет намного дешевле, чем отработка этих задач на комплексном лётном тренажёре.

В настоящее время разработано большое количество компьютерных тренажёров с ограниченной областью применения в различных сферах деятельности, в том числе и в сфере

авиации [2, 3]. В частности есть тренажёры для имитации полёта непрофессионалами на конкретных воздушных судах отечественного и иностранного производства [1, 4]. Большинство тренажёров закрытого типа, то есть не допускается какого-либо вмешательства в программное обеспечение тренажёра. Но есть и открытые системы. В частности, в открытом доступе имеется разработка фирмы Microsoft «Microsoft Flight Simulator 2004: A Century of Flight Software Development Kit». Разработчики тренажёра предусмотрели возможность «перенастраивать» тренажёр на любой летательный аппарат из предлагаемого ими списка (Cessna-182 и модификации, Bell-206, Robinson R-22). Для каждого летательного аппарата из списка приведены численные значения параметров, которые необходимо подставить в качестве исходных данных в файлы перечисленных выше папок.

К сожалению, в рекомендованном списке нет вертолёт МИ-8 и его модификаций. Нет и численных значений необходимых исходных параметров. В результате подбора значений многочисленных параметров (их больше сотни) удалось создать внешний вид вертолёт, похожий на вертолёт семейства МИ-8. Удалось также получить правдоподобные скоростные и динамические характеристики вертолёт. Фрагменты приборных досок с приборами Аи-РЭО, необходимыми для вертолётного вождения, полностью соответствуют аналогичным фрагментам досок вертолёт МИ-8 и его модификаций.

Для формирования сцены был выбран реальный полигон, на котором предполагалось выполнение навигационных упражнений. По предполагаемым трассам были расставлены реальные ориентиры и действующие наземные радионавигационные средства навигации.

В результате удалось получить навигационный тренажёр вертолёт семейства МИ-8, на котором возможно выполнение следующих упражнений:

- Предполётная подготовка пилотажно-навигационного оборудования;
- Выполнение маневров при движении вертолёт на аэродромах;
- Взлёт, полёт на всех участках маршрута и посадка с имитацией различных погодных условий, днём и ночью в различных климатических зонах;
- Комплексное использование бортового и наземного радиотехнического оборудования на всех этапах полёта;
- Полёты в районах со сложным рельефом;
- Пилотирование с использованием визуальных ориентиров, подбор площадок с воздуха и посадка на них;
- Заходы на посадку с использованием различных систем посадки в простых и сложных метеоусловиях.

В качестве примера, на рисунке 1 приведена схема полигона, на котором слушатели выполняют некоторые упражнения по навигации.

Семейство вертолёт эксплуатируется не один десяток лет. За это время появились модификации вертолёт МИ-8МТВ и МИ-8АМТ, разработаны и внедрены новое бортовое пилотажно-навигационное оборудование.

Система визуального отображения позволяет пилоту-слушателю наблюдать за выполнением полёта из кабины в любом из восьми направлений. При направлении наблюдения вперёд в нижней части экрана отображается приборная панель. Часть оборудования, размещённого на дополнительных приборных досках, можно вызвать по желанию слушателя. Для увеличения обзора дополнительные панели оборудования можно свернуть. Имеется возможность проконтролировать выполне-

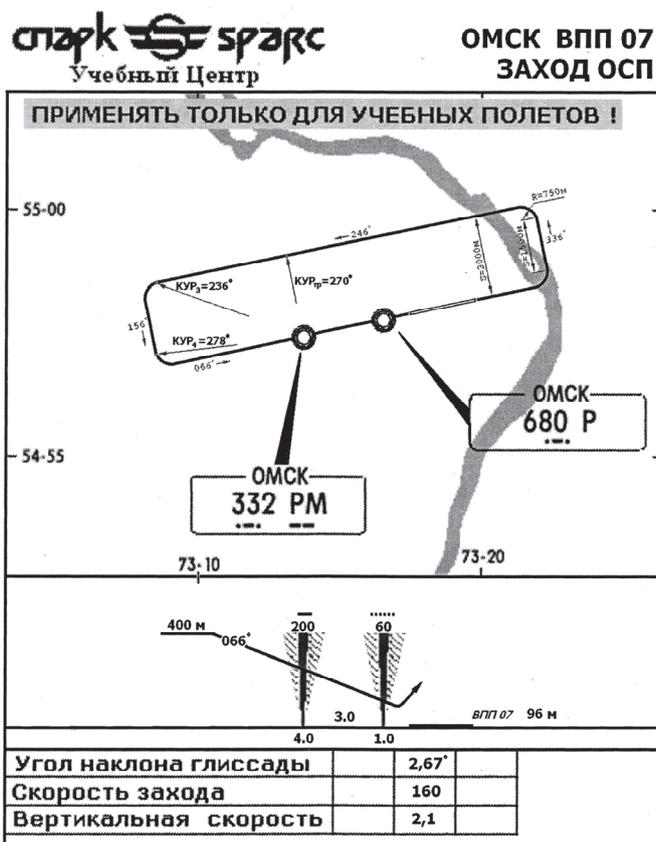


Рисунок 1 – Схематический фрагмент полётной карты

ние полёта с любой точки, находящейся вне кабины, в том числе и в режиме повтора.

Таблица 1 – Варианты комплектации пилотажно-навигационного оборудования навигационного тренажёра

Тип вертолёта	Ми-8			Ми-17			Ми-171		
Комплектация	«11»	«12»	«13»	«21»	«22»	«23»	«31»	«32»	«33»
Авиагоризонт	АГБ-3К	АГБ-3К	АГБ-3К	АГБ-3К	АГБ-3К	АГБ-3К	АГБ-96	АГБ-96	АГБ-96
Указатель скорости	УС-450К								
Высотомер	ВД-10ВК								
Радиовысотомер	А-037								
Вариометр	ВР-10МК	ВР-10МК	ВР-10МК	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30
Указатель поворота	ЭУП-53								
Часы	АЧС-1								
Компас	КИ-13								
АРК	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-15	АРК-15	АРК-15	АРК-15
ДИСС				ДИСС-15			ДИСС-32		
GPS		KLN-89	KLN-89		KLN-89	KLN-89		KLN-89	KLN-89
Курсовая система	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81

На рисунке 2 и 3 показаны экраны с некоторыми видами из кабины и вне кабины.



Рисунок 2 – Вид из кабины в направлении вперёд



Рисунок 3 – Вид на вертолёт из левого сектора обзора

Навигационный тренажёр вертолётов семейства МИ-8 выполнен с учётом требований к приборному оборудованию и системе визуализации, установленных для устройств PCATD согласно Консультативному Циркуляру 61-126 FAA, со следующими требованиями к компьютерному оборудованию.

Требования к компьютеру – не ниже П-3 750, 256 Мб оперативной памяти, видеокарта от 32 Мб с ускорителем, звуковая карта с колонками, 5 Гб на винчестере, CD-rom, наличие портов USB, Windows 98, 2000, XP.

Требования к монитору – экран не менее 15” с разрешением не хуже 1024×768. Рекомендуется использование видеопроектора с аналогичными параметрами.

Занятия на навигационном тренажёре проводятся параллельно с занятиями на функциональных тренажёрах.

Цель интерактивных занятий на функциональных тренажёрах – выработка последовательности действий по проверкам функциональных систем и оборудования вертолёта перед полётом и по управлению ими как в штатных условиях, так и при появлении отказов.

На ситуационных тренажёрах отрабатывается последовательность действий при возникновении сложных и аварийных ситуаций. На навигационном тренажёре решаются задачи навигации.

Задача «полётов» на навигационном тренажёре – выработка навыков в использовании

различных систем навигационного оборудования вертолѐта при вертолѐтовождении в маршрутных и аэродромных полѐтах. Упражнения выполняются под руководством инструктора. Инструктор проводит брифинг, включает навигационный тренажѐр, устанавливает нужный комплект навигационного оборудования вертолѐта. В процессе выполнения упражнения инструктор оценивает способность пилота решать навигационные задачи, после окончания дела делает запись в журнал о целесообразности (нецелесообразности) перехода к следующему упражнению или виду подготовки.

После прохождения теоретического обучения с использованием АОК и компьютерных тренажѐров слушатели сдают экзамены (тесты) с использованием системы автоматизированного компьютерного контроля знаний.

После успешной сдачи экзамена слушатели допускаются к тренажѐрной подготовке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горбунов, Д.А. Электронное учебное пособие для подготовки оператора-навигатора / Д.А. Горбунов, В.Я. Мамаев, К.К. Петров // Сборник трудов Международного симпозиума «Аэрокосмические приборные технологии» / ГУАП. -СПб., 2004. -С. 78-79.

2 Перегудов, Г.Е. Практические аспекты разработки электронных тренажѐров авионики / Г.Е. Перегудов, А.В. Осипцов // Науч. вестн. МГТУ ГА. Сер. Авионика и электротехника. -М., 2003. -№71. -С. 81-84.

3 Самарский, А.А. Математическое моделирование. Идеи, методы, примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. -2 изд., испр. -М.: Физматлит, 2001.

4 Сызранцев, В.Н. Разработка и внедрение компьютерных тренажѐров на кафедре МОНИГП в ТюмГНГУ / В.Н. Сызранцев, М.Д. Гаммер // Сборник учебно-методических материалов / сост. М.М. Афанасенкова, Н.А. Аксенова / ТюмГНГУ. -Тюмень, 2005 -С. 134-138.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компьютерное обучение, навигационный тренажер
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Рыбкин Павел Николаевич, канд. техн. наук, генеральный директор ЗАО «НПО «СПАРК»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 12, ЗАО «НПО «СПАРК»



Рисунок 4 – Локальная сеть для работы с одного рабочего места

МОДЕРНИЗАЦИИ ТРЕНАЖѐРА ВЕРТОЛѐТА С НЕПОДВИЖНОЙ КАБИНОЙ И СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ТРЕНИРОВОК ПО ВЫПОЛНЕНИЮ АВИАЦИОННЫХ РАБОТ

ЗАО «Научно-производственное объединение «СПАРК»

П.Н. Рыбкин

MODERNIZATION OF A FIXED-COCKPIT SIMULATOR FITTED WITH A MODERN VISUAL SYSTEM FOR DRILLING AVIATION TASKS AND OPERATIONS

Scientific and production association «SPARC»
 P.N. Rybkin

This article presents methods of helicopter flight training simulator modernization for training flight crews to operate the external load sling system.

Keywords: simulator, flight crew training

Предложена методика модернизации тренажѐров для подготовки летного состава вертолетов с целью обучения навыкам выполнения работ с внешней подвеской.

Большинство лѐтных современных тренажѐров вертолетов не приспособлено для тренировок по выполнению разных видов авиационных работ. В статье предложен метод мо-

дернизации таких тренажёров с целью включения в перечень тренируемых полётов по выполнению авиационных работ. Суть метода – внедрение в определённое место имеющейся на тренажёре математической модели вертолёт, разработанной для конкретного вида авиационной работ, математической модели внешней подвески.

Потребности в подготовке пилотов к выполнению разного вида авиационных работ ошутимы и постоянно растут, так как в настоящее время многие работы в промышленности и в сельском хозяйстве выполняются с применением вертолетов. Все аспекты выполнения этих работ определены в главе №16 Федеральных авиационных правил «Общие правила выполнения авиационных работ» [1].

Укрупненно работы по модернизации можно объединить в следующие направления: Создание на тренажере обзора, соответствующего реальному обзору, необходимому для выполнения конкретного вида авиационных работ всему экипажу; Корректировка математической модели вертолета – добавление уравнений, описывающих движение системы: вертолет плюс оборудование, необходимое для выполнения конкретных видов авиационных работ; Доработка имеющихся и создание новых сцен, характерных для конкретных видов авиационных работ; Разработка программы упражнений по выполнению каждого конкретного вида авиационных работ; Разработка нормативных документов, обеспечивающих работу тренажеров авиационных работ.

На комплексном лётном тренажёре для выполнения маршрутных полётов реализована математическая модель вертолёт, позволяющая имитировать полёт свободного (без какого-либо оборудования) вертолёт на всех этапах полёта: от взлёта до посадки.

Суть модернизации ММ тренажёра состоит во вмешательстве в ММ вертолёт после определения на очередном временном интервале линейных и угловых координат, скоростей и ускорений вертолёт. При полёте без внешней подвески координаты, скорости и ускорения передаются на вход ММ вертолёт для начала счёта на очередном временном интервале.

Принцип декомпозиции сил и моментов позволяет учесть силовое воздействие на вертолёт груза на внешней подвеске и скорректировать значения координат, скоростей и ускорений вертолёт, которые будут исходными для следующего временного интервала. С этой целью в «линию разъёма» вписывается ММ внешней подвески в виде сменяемой вставки (рисунок 1).

В процессе имитации полёта математическая модель вертолёт в каждый момент времени полёта (в каждой точке полёта) конкретизирует уравнения движения вертолёт для земной системы координат в следующий вид [2].

Перемещение центра масс (ЦМ) вертолёт вдоль зем-

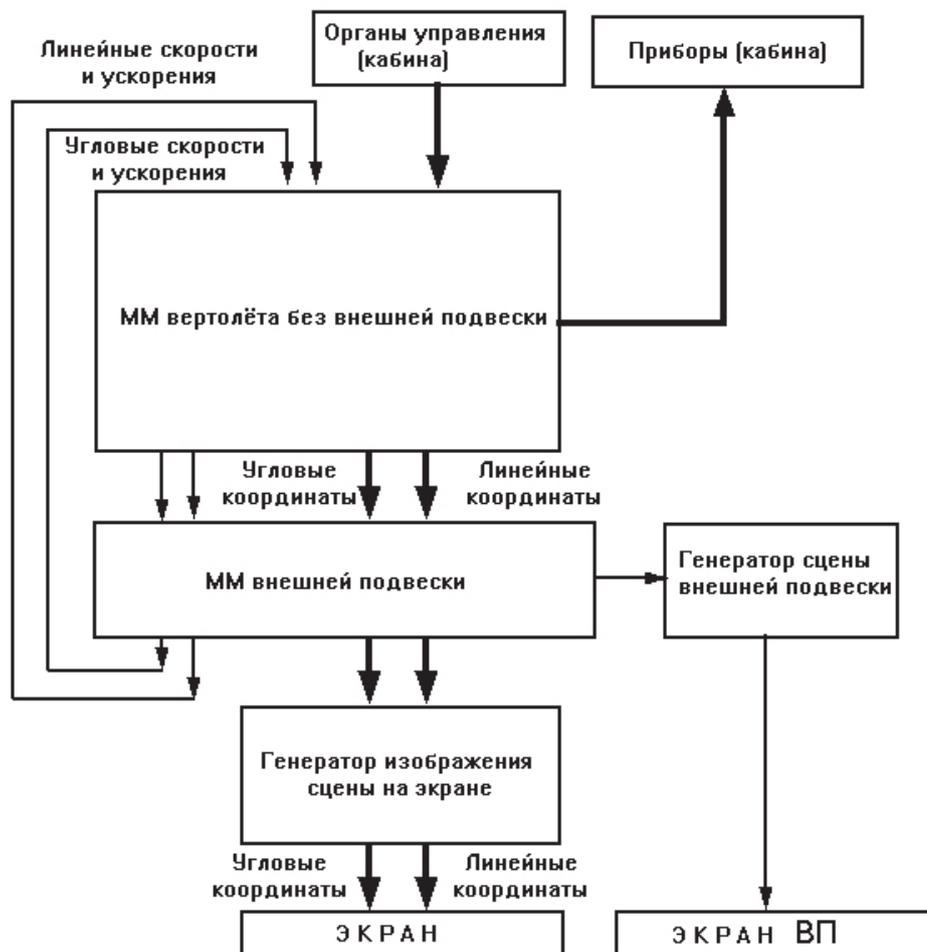


Рисунок 1 – Взаимодействие блоков ММ тренажёра при полёте с внешней подвеской

ных осей:

$$dV'_x = f_x(t) dt; dV'_y = f_y(t) dt; dV'_z = f_z(t) dt.$$

Вращение вертолёта относительно ЦМ:

$$d\omega'_x = u_x(t) dt; d\omega'_y = u_y(t) dt; d\omega'_z = u_z(t) dt.$$

Функции $f_x(t), f_y(t), f_z(t), u_x(t), u_y(t), u_z(t)$ зависят от множества постоянных и переменных параметров, но для момента t зафиксированны и известны.

Постоянные параметры – это аэродинамические, массовые и другие характеристики вертолёта, аэродинамические характеристики несущего и рулевого винтов, состояние атмосферы и многие другие параметры, которые используются в математической модели вертолёта.

Переменные параметры – это положение органов управления вертолётном, положение органов управления функциональными системами вертолёта и другие, то есть такие параметры математической модели, которые экипаж вертолёта может изменять в процессе полёта. Положение органов управления и, следовательно, величины переменных параметров постоянно вводятся в математическую модель вертолёта по каналам связи «кабина тренажёра-вычислители».

Принцип декомпозиции сил и моментов позволяет записать уравнения движения вертолёта в системе «вертолёт-груз» в следующем виде:

$$j_x = j'_x + j''_x; j_y = j'_y + j''_y; j_z = j'_z + j''_z; \quad (1)$$

$$e_x = e'_x + e''_x, e_y = e'_y + e''_y, e_z = e'_z + e''_z. \quad (2)$$

В этих уравнениях одним штрихом обозначены изменения параметров свободного вертолёта с учётом всех действующих сил (тяги винта, аэродинамических сил и др.). Двумя штрихами обозначены изменения параметров, вызванные действием натянутого троса внешней подвески.

Положение груза в пространстве, натяжение троса и корректирующие величины $j'_x, j'_y, j'_z, e'_x, e'_y, e'_z$ определяются ММ внешней подвески на каждом временном интервале.

Начальными условиями для 1-го временного интервала являются условия, соответствующие первоначальному моменту натяжения троса при подъёме груза.

Рассмотрим определение величин корректирующих ускорений на примере линейных ускорений в плоскости XY. На груз внешней подвески действуют три силы: сила веса G , аэродинамическая сила F_w и сила инерции J (рисунок 2).

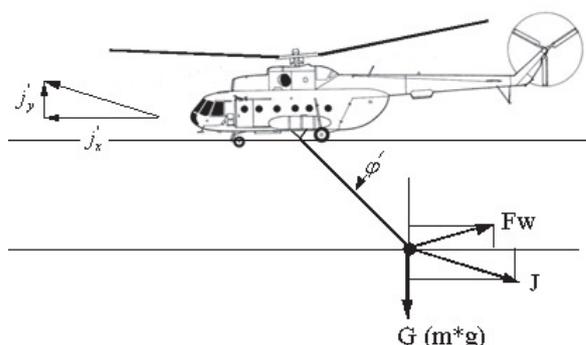


Рисунок 2 – Проекция сил, действующих на груз

Действие сил на вертолёт осуществляется через трос внешней подвески. От проекций натяжения троса на оси X и Y (T_x, T_y) зависят корректирующие линейные ускорения j''_x и j''_y

$$j''_x = \frac{T_x}{M_h}; j''_y = \frac{T_y}{M_h},$$

где $T_x = J_x + Fw_x = j_x \cdot m_{el} + Fw_x = j_x \cdot m_{el} + Fw_x; T_y = g \cdot m_{el} + j_y \cdot m_{el} + Fw_y. \quad (3)$

Сумма проекций сил на ось X (проекция силы натяжения троса T на ось X)

$$T_x = J_x + Fw_x = -m \cdot j'_x - Fw \cdot \cos(90 - \varphi - \tau).$$

Сумма проекций сил на ось Y (проекция силы натяжения троса T на ось Y)

$$T_y = G_{ep} + J_y + Fw_y = m \cdot g - m \cdot j'_y - Fw \cdot \sin(90 - \varphi - \tau).$$

Величина аэродинамической силы и её проекции определяются при решении треугольника скоростей груза (рисунок 3).

В полёте груз совершает колебательные движения (как маятник) относительно вертолёта и перемещается вместе с вертолётном. Движение груза относительно земных координат является суммой относительного движения (относительно точки подвеса) и переносного (вместе с точкой подвеса). Соответственно, скорость груза в земной системе координат (абсолютная скорость) W равна векторной сумме относительной скорости в системе координат

нат, связанной с вертолётом, U и переносной скорости, равной скорости вертолёт в земной системе координат, V (рисунок 4).

При воздействии на груз воздушного потока со скоростью W возникает аэродинамическая сила F_w . Для большинства реальных грузов F_w есть сила лобового аэродинамического сопротивления $F_w = c_x S_x \frac{\rho_H W^2}{2}$, направленная против скорости W .

Для грузов, способных создавать подъёмную силу ($C_y \neq 0$), аэродинамическая сила F_w не будет совпадать по направлению со скоростью W .

Объединяя уравнения (1) и (3), получим выражения для линейных ускорений системы «вертолёт-груз»

$$j_x = \frac{j'_x - \frac{Fw_x}{M_h}}{1 + \frac{m_{el}}{M_h}}; j_y = \frac{j'_y - \frac{gm_{el} - Fw_y}{M_h}}{1 + \frac{m_{el}}{M_h}}.$$

Полагая неизменными j_x и j_y за время интервала Δt , получим выражения для подсчёта изменений скорости и координат вертолёт на рассматриваемом временном интервале

$$\Delta V_x = j_x \cdot \Delta t; \Delta V_y = j_y \cdot \Delta t; \Delta X_{пер} = V_x \cdot \Delta t + j_x \frac{\Delta t^2}{2}; \Delta Y_{пер} = V_y \cdot \Delta t + j_y \frac{\Delta t^2}{2}.$$

Перемещение груза в относительном движении описывается уравнением маятника (рисунок 4).

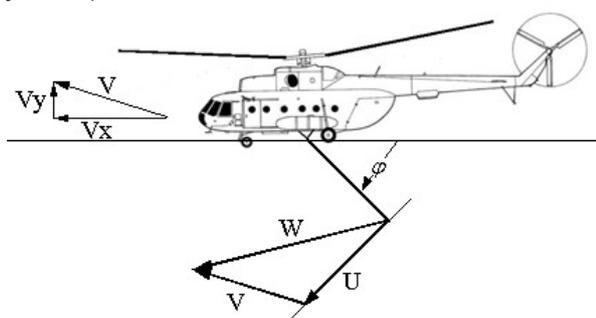


Рисунок 3 – Треугольник скоростей груза на внешней подвеске

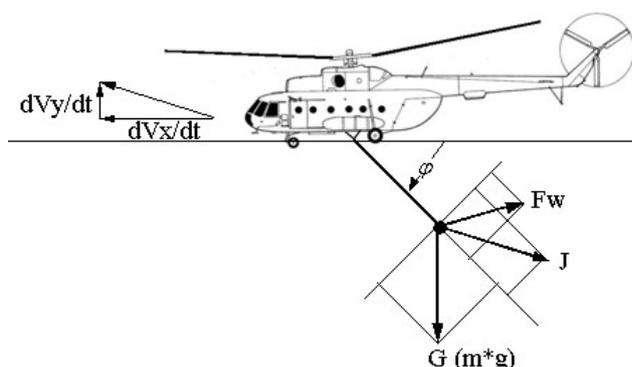


Рисунок 4 – Действующие на груз силы

Сумма проекций сил на направление относительной скорости определяет ускорение груза в относительном движении.

Проекции сил подсчитываются по следующим формулам:

$$G_t = 9,8 m \cdot \sin \varphi; G_u = 9,8 m \cdot \cos \varphi;$$

$$Fw_t = Fw \cdot \sin \tau; Fw_u = Fw \cdot \cos \tau;$$

$$J_t = (j_y \sin \varphi - j_x \cos \varphi) m; J_u = (j_y \cos \varphi + j_x \sin \varphi) m.$$

Угол между относительной скоростью U и абсолютной скоростью W для случаев, когда сила F_w является силой лобового сопротивления, находится из треугольника скоростей (рисунок 5.) по формуле

$$\tau = \arctg \left(\frac{V_x + U_x}{V_y + U_y} \right) - \varphi.$$

За время временного интервала Δt груз переместится в относительном движении на величину ΔL_u . При малых значениях Δt движение груза можно принять равноускоренным и определять ΔL_u по формуле

$$\Delta L_u = U \cdot \Delta t + 0,5 \frac{G_u + Fw_u + J_u}{m} \Delta t^2.$$

Принимая пройденное расстояние ΔL малым, находим изменение угла отклонения троса

$$\Delta \varphi = \Delta L_u / L_{т\delta}.$$

Принятое допущение считается справедливым, если $\Delta\varphi$ не превышает 3-5°. В ММ тренажёра с современной системой визуализации временной интервал не может быть больше 0,04 с, так как частота кадров не должна быть менее 25 кадров в секунду. При таком временном интервале условие $\Delta\varphi < 3-5^\circ$ выполняется для всех реально возможных грузов и условий их перевозки.

За время Δt груз переместится в относительном движении на величины

$$\Delta X_{отн} = \Delta L_u \sin \varphi \text{ и } \Delta Y_{отн} = \Delta L_u \cos \varphi .$$

Полное перемещение груза в системе земных координат будет

$$\Delta X_{el} = \Delta X_{отн} + \Delta X_{пер} ; \Delta Y_{el} = \Delta Y_{отн} + \Delta Y_{пер} .$$

Сумма проекций сил на направление троса определяет силу натяжения троса.

Полученные значения «новых» координат вертолёт для конца временного интервала Δt :

$$X'_h = X_h + \Delta X_{пер} ; Y'_h = Y_h + \Delta Y_{пер} ,$$

передаются в генератор изображения сцены пилотов.

Полученные значения «новых» координат груза на внешней подвеске для конца временного интервала Δt :

$$X'_{el} = X_{el} + \Delta X_{el} ; Y'_{el} = Y_{el} + \Delta Y_{el} ,$$

передаются в генератор изображения сцены бортмеханика.

Координаты, скорости и ускорения, полученные для окончания рассматриваемого временного интервала, передаются в ММ вертолёт, как исходные данные для расчётов следующего временного интервала.

Аналогичным образом подсчитываются изменения третьей линейной координаты и углов поворота вертолёт относительно центра тяжести вертолёт при наличии груза на внешней подвеске.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полётов в ГА РФ». -М., 2009.
- 2 Володко, А.М. Основы аэродинамики и динамики полёта вертолёт: учеб. пособие для вузов / А.М. Володко. -М.: Транспорт, 1998.
- 3 Ефимов, В.В. Исследование колебаний физического маятника с подвижной точкой подвеса, как упрощённый модели груза на внешней подвеске вертолёт / В.В. Ефимов // Науч. вестн. МГТУ ГА. -2008. -№138. -С. 126-133.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *тренажер, подготовка летного состава*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Рыбкин Павел Николаевич, канд. техн. наук, генеральный директор ЗАО «НПО «СПАРК»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 12, ЗАО «НПО «СПАРК»*

ВЛИЯНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ АНТЕННЫ GPS-ПРИЁМНИКА НА ВЕКТОР АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ СУДНА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

Ю.А. Комаровский

INFLUENCE OF THE LOCATION OF A GPS RECEIVER'S ANTENNA ON A VESSEL'S COG WHEN CHANGING COURSE HEADING

«Maritime state university named adm. G.I. Nevel'skoi»
 Yu.A. Komarovskiy

We offer a simple basis for dependency of the direction of a vessel's course over ground on the location of an on-board GPS receiver's antenna. The results of our measurements show that shifting the antenna by 1 m results in 1,5 degree deviation of the COG.

Keywords: GPS-receiver, pivot point, speed over ground, course over ground

Дается простое обоснование зависимости направления вектора абсолютной скорости судна от положения антенны GPS-приёмника. Результаты обработки эксперимента показали, что смещение антенны на 1 метр отклоняет вектор на 1,5 градуса.

Спутниковые навигационные приёмники используются в судовождении уже более 30 лет. Благодаря высокой технологичности получения текущих обсервованных координат, спутниковые приёмники уверенно вытесняют из арсенала современных штурманов традиционные способы определения места судна. Помимо обсервованных координат спутнико-

вые навигационные приёмники способны определять компоненты вектора абсолютного перемещения судна. Поэтому на судах помощники капитанов давно применяют GPS-приёмники в качестве абсолютного лага.

Когда судно движется неизменным курсом на попутном или на встречном течении, то путевой угол (ПУ), отображаемый GPS-приёмником, совпадает с истинным курсом судна. Если скорость встречного течения превосходит скорость судна, то путевой угол и истинный курс отличаются на 180° . Это свойство позволяет рулевым руководствоваться показаниями путевого угла GPS-приёмника для управления судном по курсу. Во время изменения курса судна путевой угол и истинный курс не совпадают. Отличие путевого угла от истинного курса на повороте лишает рулевого возможности использовать дисплей GPS-приёмника как курсоуказатель. Попутно возникает проблема точного учёта пройденного судном расстояния, так как в процессе циркуляции все точки судна перемещаются в абсолютной системе координат по разным траекториям и с различными скоростями. Следовательно, если установить в разных точках одного и того же судна антенны нескольких GPS-приёмников, то на их дисплеях будут отображаться различные величины путевых углов (Course Over Ground – COG) и абсолютных скоростей (Speed Over Ground – SOG). Отсутствие решения описанных проблем отодвигает на неопределённую перспективу легализацию судового GPS-приёмника в качестве абсолютного лага, так как, к сожалению, до сих пор отсутствуют результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на учёт влияния места установки антенны на компоненты вектора абсолютной скорости судна.

Цель предлагаемой статьи заключается в попытке дать формальное описание возникновения отличий в определении COG и SOG и дать экспериментальную оценку величин этих отличий.

Рассмотрим ситуацию, когда судно на ходу изменяет курс против хода часовой стрелки. Судно при этом вращается вокруг центра поворота (pivot point), обозначенного на рисунке 1 буквой О. Пусть в точке А установлена антенна судового GPS-приёмника. Расстояние между точками А и О обозначим через r .

Судовой GPS-приёмник будет определять, выводить на дисплей и транслировать на внешние устройства (компьютер, устройство АИС, ECDIS) компоненты вектора абсолютного движения точки А. Поскольку абсцисса точки А не совпадает с абсциссой точки О, то антенна судового GPS-приёмника участвует не только в поступательном движении, вектор скорости которого V_C направлен вдоль диаметральной плоскости судна (ДП), а также во вращательном движении с угловой скоростью ω (рад/с) вокруг точки О. Вектор линейной скорости антенны V_L (м/с) по определению всегда ортогонален вектору V_C . Модуль вектора V_L определяется известной формулой

$$V_L = \omega r, \quad (1)$$

Отсюда угол c , на который вектор V_A (м/с) отклоняется от линии истинного курса К, с учётом (1) можно найти по простой формуле

$$c = \arcsin\left(\frac{\omega r}{V_A}\right), \quad (2)$$

Судовые GPS-приёмники представляют модуль вектора V_A (SOG) в узлах. Для приближённых расчётов по формуле (2) V_A можно преобразовывать следующим образом

$$V_A = \text{SOG} \times 0,5144.$$

Если сделать допущение о неизменности положения центра поворота, то анализ формулы (2) позволяет сделать вывод о прямой зависимости угла c от скорости изменения курса судна. По мере приближения места установки антенны GPS-приёмника к центру поворота

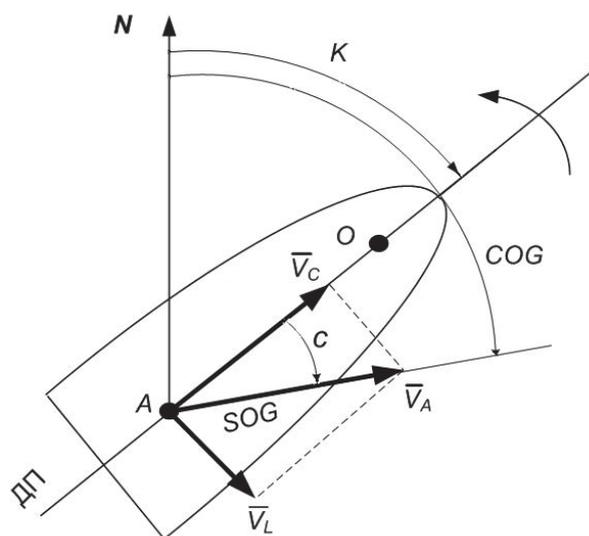


Рисунок 1 – Составляющие вектора абсолютной скорости судна

разница между истинным курсом судна и отображаемым COG будет уменьшаться. Следовательно, на судах со сдвинутыми к носу надстройками и не перевозящими груз, вызывающий смещение абсциссы центра поворота, можно найти экспериментальным путём или с помощью расчётов такое место установки антенны GPS-приёмника, при котором угол c будет близок к 0° .

Здесь следует подчеркнуть важность угла c для учёта проходимого судном расстояния. При рыскании судна на курсе длина траектории точки A всегда будет больше длины траектории точки O за один и тот же промежуток времени. Если учитывать только вектор V_A для расчёта пройденного судном расстояния, то оно будет заведомо больше реально пройденного расстояния, так как

$$V_C = V_A \times \cos(c).$$

Некоторые современные образцы профессиональных судовых GPS-приёмников подключаются к расходомерам топлива. Приёмник автоматически выводит на дисплей объём израсходованного топлива, остаток топлива и удельный расход топлива на одну пройденную милю. Тогда можно наблюдать парадоксальное явление, когда судно в плохую погоду имеет удельный расход топлива ниже, чем при благоприятных условиях плавания.

Современные гирокомпасы и твёрдотельные цифровые магнитные компасы способны определять курс судна и транслировать его в стандарте NMEA 0183 во внешние вычислительные устройства. Тогда появляется техническая возможность комплексирования устройства для автоматического вычисления модуля вектора V_C по формуле

$$V_C = SOG \times \cos(COG - K). \quad (3)$$

В последнее десятилетие на суда стали устанавливать двухантенные и трёхантенные спутниковые компасы. Они непрерывно определяют помимо обсервованных трёхмерных координат судна ещё и COG, SOG, K , а также угловую скорость в градусах за секунду. К сожалению, современные спутниковые компасы не имеют функцию вычисления модуля вектора V_C . В то время как вычисление модуля вектора V_C превратило бы судовой GPS-приёмник в достойный конкурент судовому лагу.

Если судно не оснащено датчиком истинного курса с цифровым выходом, то непрерывное в масштабе реального времени определение угла c возможно, согласно (2), только когда есть информация о текущей угловой скорости ω и расстоянии r между центром поворота и местом установки антенны GPS-приёмника. Современные крупнотоннажные суда стали оснащаться гиротаксметрами, измеряющими с высокой точностью угловую скорость поворота. Тогда усреднённое расстояние r можно определить на установившейся циркуляции, получая величины угла c по нескольким сличениям показания магнитного компаса или гирокомпа с соответствующими величинами COG. В этом случае для вычисления r можно воспользоваться формулой (4), которая следует из формулы (2).

$$r = \frac{0,5144 \times SOG \times \sin(c)}{\omega}. \quad (4)$$

Чтобы количественно оценить влияние места установки антенны, воспользуемся данными, полученными в ходе экспериментальных наблюдений на пароме «Бригадир Ришко» 5 сентября 2008 года за работой судового GPS-приёмника GP-37 компании Furuno и геодезического приёмника GPS 1220GG компании Leica (заводской номер 469724), изготовленный в 2008 году. Буквы GG означают, что данный приёмник работает одновременно по сигналам СРНС Навстар GPS и Глонасс. Основная цель того эксперимента заключалась в проверке точности определения текущих координат приёмника GP-37 на ходу судна. Паром совершал рейс в Амурском заливе из бухты Золотой Рог Владивостока в бухту Западная острова Попова и обратно. Данные от приёмников через каждую секунду параллельно записывались на жёсткий диск ноутбука. По ходу рейса выполнялись значительные изменения курса возле мыса Низменный и возле острова Елены. Поэтому в рамках данного исследования из всего массива полученных наблюдений были выбраны на одни и те же моменты времени значения COG и SOG, соответствующие этим изменениям курса. Расстояние между антеннами приёмников составляло 1 м. С выхода приёмника GP-37 величины COG и SOG выводились с разрядностью 0,1 градуса и 0,1 узла. Приёмник GPS 1220GG транслировал COG и SOG с разрядностью 0,01 градуса и 0,01 км/ч.

Так как информация о положении центра поворота парома отсутствовала, то воспользоваться формулой (2) не представлялось возможным. То есть, невозможно было оценить

то, насколько будут отличаться величины углов ω , если расстояние между антеннами приёмников всего 1 м. Тогда было решено с помощью регрессионного анализа оценить зависимость разности путевых углов от скорости изменения путевого угла, определяемого приёмником GPS 1220GG. Здесь предполагалось, что разность COGGP-COGLE будет соответствовать разности $c_{GP} - c_{LE}$.

На рисунке 2 и 3 представлены графики зависимости разностей путевых углов от скорости изменения путевого угла приёмника GPS 1220GG. Рисунок 2 отражает процесс захода в бухту Западная, когда паром изменял свой курс против хода часовой стрелки. На рисунке 3 можно видеть, как зависит разность путевых углов приёмников при выходе из бухты Западная. Заход в бухту Западная сопровождался изменением путевого угла на 41 градус за 58 секунд. Когда паром покидал бухту Западная, то его путевой угол изменился на 44 градуса за 64 секунды.

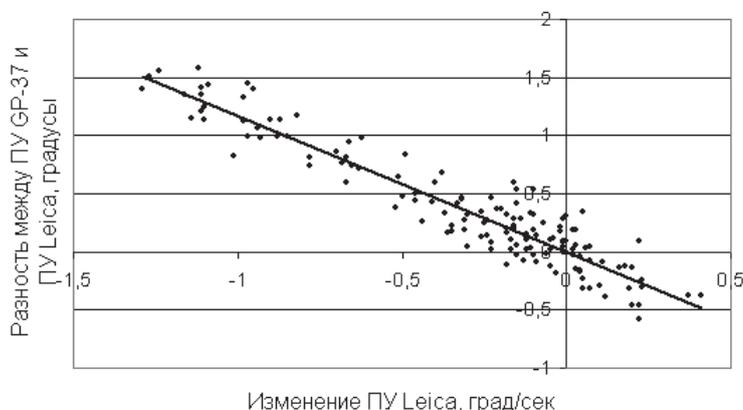


Рисунок 2 – Заход в бухту Западная

На рисунке 2 видно, что разность путевых углов имеет практически линейную зависимость от скорости изменения путевого угла. График линейной регрессии проходит через начало координат. Этот факт объясняется формулой (2). Регрессионное выражение, отражающее обнаруженное явление, имеет следующий вид

$$\Delta_{COG} = -1,173 \omega - 0,0037 \quad (5)$$

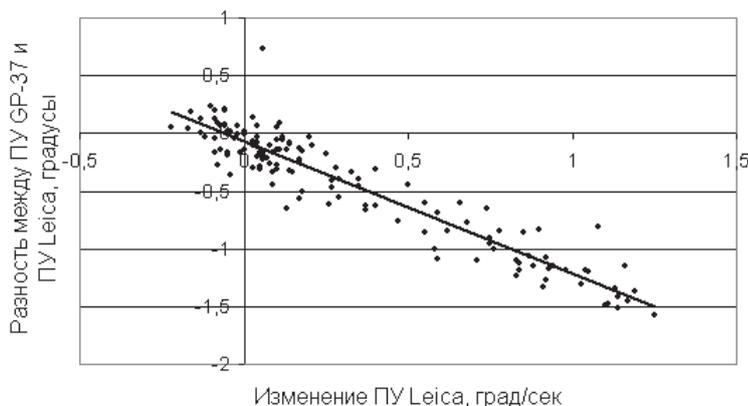


Рисунок 3 – Выход из бухты Западная

Среднее квадратическое отклонение эмпирических значений от линии регрессии получилось равным 0,168 градуса. Оно могло быть намного меньше, если бы приёмник GP-37 определял COG с разрядностью 0,01.

Характеристики зависимости рисунка 3 практически не отличается от рисунка 2. Среднее квадратическое отклонение эмпирических значений от линии регрессии для данных, соответствующих выходу парома из бухты Западная получилось равным 0,169 градуса. Близость величин средних квадратических отклонений позволяет сделать заключение о том, что процессы изменения разностей путевых углов не зависят от того, в какую сторону судно изменяет свой курс. Уравнение регрессии (6) отражает статистическую зависимость разности путевых углов от угловой скорости для данных, которые зарегистрированы во время выхода парома из бухты Западная

$$\Delta_{COG} = -1,152 \omega - 0,068 \quad (6)$$

Нельзя не отметить схожесть полученных выражений (5) и (6).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что смещение места установки антенны судового GPS-приёмника на 1 м вызывает отклонение COG на 1,5 градуса при угловой скорости изменения курса 1,25 градуса за секунду. Чтобы спроектировать и изготовить программно-аппаратное средство, позволяющее применять судовой GPS-приёмник в качестве абсолютного лага, необходимо учитывать эти результаты. Описанную выше постановку задачи в дальнейшем надо обобщить для плавания судна на течи.

Автор выражает благодарность капитану парома К.К. Краснокутскому за предоставленную возможность проведения экспериментальных наблюдений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: GPS-приёмник, центр поворота, абсолютная скорость, путевой угол
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ДИАЛОГОВАЯ ПРОЦЕДУРА «СУДОВОДИТЕЛЬ-ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА» ПРИ РАЗРЕШЕНИИ ПРОБЛЕМНЫХ ПРОМЫСЛОВО-НАВИГАЦИОННЫХ СИТУАЦИЙ

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»

И.Н. Левоев, И.И. Зива, В.И. Меньшиков

DIALOG ALGORITHM OF "NAVIGATOR-EXPERT SYSTEM" IN THE COURSE OF SOLUTION DIFFICULT NAVIGATION AND COMMERCIAL SITUATIONS

«Murmansk state technical university»

I.I. Ziva, I.N. Levoev, V.I. Menshikov

This is decomposition of multicriterion problems which give us advices of partition of roles in a dialog algorithm of "navigator- expert system" in the course of solution difficult navigation and commercial situations. Resume variant of roles become a good organized optimal arranged algorithm.

Keywords: safety, situation, navigator, expert system, dialog

Предложена декомпозиция многокритериальных задач, которая дает рекомендации по распределению ролей при человеко-машинном диалоге в системе «судоводитель-экспертная система» при разрешении проблемных промыслово-навигационных ситуаций. Полученный вариант распределения ролей в человеко-машинном диалоге «хорошо» согласуется с распространенным представлением о человеко-машинном диалоге, как о реализации оптимального алгоритма.

В современных условиях задачи по разрешению проблемных промыслово-навигационных ситуаций могут быть многокритериальными, и для решения некоторых из них уже в настоящее время можно использовать диалоговые процедуры с программным продуктом экспертной системы. Действительно, диалоговые процедуры судоводителя и экспертной системы могут быть построены на тех основаниях, что, во-первых, общая модель предпочтений согласуется с принятой в моделировании гипотезой о существовании целевой функции, хотя может быть и не заданной в явном виде. Во-вторых, направление в пространстве критериев может оцениваться элементами эргатической системы традиционными средствами моделирования – коэффициентами замещения и «идеальными» векторами цели. В-третьих, многие задачи по оптимальному разрешению проблемных промыслово-навигационных ситуаций способны к реализации в человеко-машинном диалоге.

Задача многокритериального выбора при разрешении проблемной навигационно-промысловой ситуации. Рассмотрим задачу многокритериального выбора, определенную структурой (X, φ) , в которой качество допустимых решений $x \in X$ оценивается некоторым векторным критерием $\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_m): X \rightarrow R^m$. При этом пусть для простоты все критерии $\varphi(j = 1, \dots, m)$ при разрешении промыслово-навигационных ситуаций необходимо увеличивать. Кроме того, естественно потребовать, чтобы выбранное решение x задачи (X, φ) было эффективным (оптимальным по Парето), то есть не допускало улучшения по какому-либо критерию без уменьшения при этом остальных показателей. Обычно имеется множество эффективных решений, которым отвечают различные значения φ . Чтобы выбрать единственное решение, необходимы дополнительные сведения, источником которых может быть вахтенный помощник капитана далее – лицо, принимающее решение (ЛПР).

Пусть далее вся существенная для ЛПР информация о варианте разрешения проблемной промыслово-навигационной ситуации $x \in X$ исчерпывается векторным критерием $\varphi(x)$. Тогда поиск оптимального по Парето решения целесообразно перенести на паретову границу множества $\varphi(X)$, определенную так

$$E(\varphi(X)) = \{u \in \varphi(X) | (v \geq u, v \in \varphi(X)) \Rightarrow v = u\},$$

где для векторов $v \geq u$ неравенство в последнем выражении означает, что $v_j \geq u_j$ при

$j = 1, \dots, m$ и $v \geq (=)u$, если $v \geq u$ и $v \neq u$.

Обычно множество $E(\varphi(X))$ устроено довольно непросто, поэтому с помощью подходящего отображения $\sigma: A \rightarrow R^m$ можно параметризовать $E(\varphi(X))$ элементами из более простого множества A . Размерность этого множества будет на единицу меньше числа критериев в (X, φ) . Тем самым на $E(\varphi(X))$ вводится система координат, которая позволяет перенести поиск разрешения промыслово-навигационной ситуации на множество параметров A [4]. Кроме того, эта редукция обычно обеспечивает эффективность принимаемого решения, в ходе поиска которого, как правило, выявляются и учитываются дополнительные аспекты задачи по разрешению проблемной промыслово-навигационной ситуации, не учтенные моделью (X, φ) .

Если принять, что множество X в модели (X, φ) является выпуклым и компактным, а функции φ_j – вогнутыми и непрерывными на X , то для $E(\varphi(X))$ можно использовать или ассортиментную, или чебышевскую параметризацию, или, наконец, параметризацию ограничениями. При разрешении проблемных промыслово-навигационных ситуаций предпочтение следует отдать параметризации ограничениями. При такой параметризации, если один из критериев характеризует полезный эффект, а остальные – различного рода затраты, то можно экстремизировать критерий полезного эффекта при неизменности затратных критериев.

Для такого метода параметризации множество A следует рассматривать следующим образом

$$A = \{a = (a_1, \dots, a_m) \mid a_j \leq \varphi_j(x), (j = 1, \dots, m)\} \text{ для некоторого } x \in X\},$$

что позволяет допустимым считать

$$\sigma(a) = (t(a)a_1, \dots, a_m),$$

где $t(a)$ – оптимальное значение функционала задачи максимизации первого критерия при условии – значения остальных критериев ограничены снизу компонентами a .

С формальной точки зрения задачу параметризации ограничениями паретовской границы $E(\varphi(X))$ следует рассматривать как реализацию метода выделения главного критерия и представлять так

$$t \rightarrow \max.$$

$$P(a):$$

$$\varphi_1(X) \geq t, \quad \varphi_j(X) \geq a_j (j = 2, \dots, m), \quad x \in X.$$

Параметризация ограничениями паретовской границы $E(\varphi(X))$ является задачей выпуклого программирования, выполняемой во внутренних точках множества A . Значит, для $P(a)$ при всех $a \in \text{int} A$ будет существовать непустое множество $\pi(a)$, образованное векторами оптимальных двойственных оценок ограничений $\varphi(x) \geq (=)\Phi(a, t)$. Поэтому далее можно использовать при построении человеко-машинных процедур принятия многокритериальных решений пару $M = (A, \sigma)$, которую можно называть картой паретовой границы $E(\varphi(X))$. Если далее использовать карту $M = (A, \sigma)$, то с ее учетом можно фиксировать взаимнооднозначное отображение

$$\sigma: A \rightarrow \sigma(A),$$

причем

$$E(\varphi(X)) \subseteq \sigma(A) \subseteq E(\varphi(X)), \tag{1}$$

и для любого $u \in \sigma(A)$ найдется $v \in E(\varphi(X))$ такое, что $u \leq (=)v$.

Человеко-машинные процедуры принятия многокритериальных решений. Если паретова граница параметризована, то далее при построении человеко-машинной процедуры принятия многокритериальных решений следует выбрать формальную модель предпочтений ЛПР. Рассмотрим модель предпочтений, которую целесообразно использовать при практической реализации человеко-машинных процедур. Пусть предпочтения можно опи-

сать рефлексивным, транзитивным и линейным бинарным отношением предпочтения \geq в пространстве критериев R_m , так что решение x не хуже, чем y ($x, y \in X$), если и только если $\varphi(x) \geq \varphi(y)$. В этом случае для оптимального решения $x \in X$ вектор φ является максимальным элементом множества $\varphi(X)$, упорядоченного отношением предпочтений \geq . Как обычно, отношение предпочтений \geq не предполагается известным в явном виде, а гипотеза о его существовании дает возможность сформулировать вопросы программного обеспечения экспертной системы к ЛПР и регламентировать использование полученных в процессе диалога ответов. Предположим, что отношение предпочтений \geq монотонно, непрерывно и выпукло. Эти условия эквивалентны существованию непрерывного монотонно возрастающего по каждой переменной и квазивогнутого индикатора предпочтений. Такой индикатор является функцией «ценности» или «полезности» вида:

$$U: R^m \rightarrow R, \quad (2)$$

причем такого, что $u \geq v$, если и только если $U(u) \geq U(v)$.

Если V^* – совокупность предпочтительных максимальных элементов $\varphi(X)$ при заданных предположениях $V^* \neq \emptyset$ и $V^* \subseteq E(\varphi(X))$, то учитывая (1) для карты $M = (A, \sigma), V^* = \sigma(A^*)$, где A^* – множество максимальных элементов отношения индуцированного предпочтениями ЛПР на множестве параметров A по правилу

$$a \geq^{(M)} b \Leftrightarrow \sigma(a) \geq \sigma(b), \quad a, b \in A.$$

В этом случае задача по выбору многокритериального решения может быть записана в следующем виде

$$U^{(M)}(a) \rightarrow \max, \quad a \in A, \quad (3)$$

где $U^{(M)}$ – произвольный индикатор отношения предпочтения \geq

$$U^{(M)} \equiv U \circ \sigma, a U.$$

Тем самым произведена параметрическая декомпозиция экстремальной задачи

$$\max U(\varphi(X)), \quad x \in X,$$

на задачу вычисления σ и задачу

$$\max U(\sigma(a)), \quad a \in A.$$

Такая декомпозиция многокритериальных задач, способна дать рекомендации по распределению ролей в человеко-машинном диалоге. Так на программный продукт должна возлагаться задача вычисления параметризации σ , а ЛПР – решение задачи (3). Полученный вариант распределения ролей в человеко-машинном диалоге и выделенный принцип решения ЛПР задачи (обычно оптимизационной), «хорошо» согласуется с распространенным представлением о человеко-машинном диалоге, как о реализации того или иного оптимального алгоритма. В принципе формальной основой диалоговой процедуры многокритериальной оптимизации могут стать как градиентные методы решения задачи (3), так и методы прямого поиска, не требующие информации о производных целевой функции. Примерами использования прямых методов для решения задачи (3) являются алгоритм векторной оптимизации [1], реализующий метод покоординатного спуска на множестве ограничений, а также алгоритмы из работы [2], в основу которых положен метод случайного поиска. Однако, как известно [3], градиентные методы более эффективны и в данном случае это обстоятельство имеет особое значение, поскольку при выполнении алгоритма участие принимает ЛПР.

Ввиду того, что функция $U^{(M)}$, вообще говоря, не является дифференцируемой, классические градиентные методы для решения (3) практически неприменимы. Однако квазивогнутость и непрерывность $U^{(M)}$ позволяют использовать для решения (3) метод обобщенного градиента. Если использовать метод обобщенного градиента, то направление поиска оптимального решения будет полностью определяться предпочтениями ЛПР и картой паретовой границы. Поэтому для практической реализации диалога «человек-программный продукт» следует, во-первых, составить карту паретовой границы и, во-вторых, определить содержательную интерпретацию вектора параметров a в задаче $P(a)$. Для этого необходимо, чтобы экспертная система обладала программным продуктом, который позволял решать задачу $P(a)$, обеспечивая параметризации ограничениями, и одновременно определяя вектор

двойственных оценок ограничений $\Phi(a,t) \leq (=)\varphi(X)$. В том случае, если многокритериальная задача (X,φ) линейна, то $P(a)$ будет задачей линейного программирования, и при практической реализации диалога могут быть использованы стандартные программы или пакеты программ для решения таких задач.

Таким образом, рассмотренные диалоговые процедуры предусматривают в процессе поиска оптимального решения перемещение по паретовой границе. При этом ЛПР получает представление о множестве эффективных значений и уточняет свои цели не абстрактно, а в соответствии с выявляемыми возможностями их достижения. Для идентификации эффективных решений могут быть использованы содержательно интерпретируемые параметры. Однако ЛПР не задает их априори, ориентируясь лишь на интуитивные представления о сравнительной важности критериев, а «настраивает» параметры с учетом соответствующих им эффективных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вильгельм, Й. Два алгоритма решения задачи векторной оптимизации / Й. Вильгельм, Г. Фандель // Автоматика и телемеханика. -1976. -№11. -С. 109-117.
- 2 Бедельбаев, А.А. Адаптивные процедуры принятия решений в многокритериальных задачах / А.А. Бедельбаев, Ю.А. Дубов, Б.Л. Шмульян // Автоматика и телемеханика. -1976. -№1. -С. 136-145.
- 3 Еремин, И.И. Введение в теорию линейного и выпуклого программирования / И.И. Еремин, Н.Н. Астафьев. -М.: Наука, 1976.
- 4 Моисеев, Н.Н. Неформальные процедуры и автоматизация проектирования / Н.Н. Моисеев. -М.: Знание, 1979.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *безопасность, ситуация, судоводитель, экспертная система, диалог*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Зива Ирма Игоревна, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»*

Левоев Иван Николаевич, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Меньшиков Вячеслав Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13, ФГБОУ ВПО «МГТУ»*

НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА» В ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»

И.И. Зива, А.С. Хроненко, К.В. Пеньковская

RELIABILITY OF FUNCTIONING OF HUMAN IN A ERGATIC SYSTEM OF SHIP CONTROL

«Murmansk state technical university»

I.I. Ziva, A.S. Chronenko, K.V. Penkovskaya

Ergatic system of ship control – this is systems where a human is one of compulsory elements. Men – element can make the system better? But the same time it can be weak point in all system. In article described improvement algorithm of ship control system integratable with human psychological points.

Keywords: human, reliability, breakdown rate, algorithm, reliability equation of navigation person

Эргатические системы управления – системы управления, в которых одним из элементов управления является человек. Человек в системе управления способен улучшать характеристики надежности отдельных элементов системы, но в то же время он является и самым слабым элементом системы. Предлагается построение алгоритма работы системы так, чтобы при различных психофизических факторах человеческого элемента система работала наиболее эффективно.

В последние десятилетия основное внимание в морской транспортной индустрии уделялось совершенствованию конструкции судов, автоматизации производственных процессов, повышению надежности механизмов, устройств и оборудования на основе использования современных достижений в области судостроения и приборостроения. При этом широко используются теоретических аспекты эргономики для создания навигационных систем и средств морской связи, компьютерных технологий и др. Основной целью принятых в этом направлении мер является повышение безопасности и эффективности эксплуатации судов, обеспечение своевременной и сохранной доставки грузов в условиях жесткой конкуренции на морских путях. Вместе с тем, несмотря на все усилия и достигнутые результаты в совершенствовании судовой техники, аварийность в мировом флоте остается еще высокой. Статистика аварий при эксплуатации судов убедительно свидетельствует, что в подавляющем большинстве случаев (80-90%) аварийные происшествия и опасные инциденты создаются с

участием или по вине человека. Судно как система является «человеческой» системой, и ошибки людей играют большую роль в возникновении аварийных ситуаций.

Как известно, человек сравнительно быстро утомляется, может одновременно перерабатывать только небольшой поток информации с невысокой скоростью, он не в состоянии контролировать и управлять быстро протекающими процессами. Человек способен совершать ошибки и промахи даже в простейших ситуациях. В тоже время человек творчески осмысливает контролируемый процесс и может предвидеть его дальнейшее развитие. Принято считать, что человек в судовой системе управления техническими средствами способен существенно улучшать характеристики надежности автоматизированных агрегатов. В тоже время человек является самым слабым элементом системы «человек-судно-среда». Следовательно, такое звено нужно укрепить – помочь человеку справиться с тем, с чем сегодня он справиться уже не может.

Из общей теории управления следует [1], что надежность системы зависит в первую очередь от времени, необходимого человеку на выполнение операции по управлению. Ошибки «человеческого элемента» связаны, в первую очередь, с недостатком времени на идентификацию ситуации и принятие решения (отсутствие необходимого времени резервирования). Кроме того, лимитирован объем оперативной памяти и информационная пропускная способность судового специалиста. Не следует забывать и такие качества человека, как утомляемость и эмоциональная неустойчивость, а также и то обстоятельство, что теория и сегодня не дает ответа на вопрос, что может и чего не может человек. Поэтому попытка решить проблему аварийности только жестким администрированием обречена на неудачу, а с термином «вина» следует обращаться более осторожно, перенося акценты на термин «беда».

Влияние усталости на правильность решений, принимаемых человеком, установлено научными исследованиями и считается неоспоримым [2]. Причем, чем сложнее функциональная деятельность человека, тем меньше время он может эту деятельность безошибочно выполнять. Так психологи определили предельно допустимые нагрузки на человека-оператора и доказали, что условия работы, при которых число одновременно контролируемых параметров составляет 10-25, а доля времени сосредоточенного наблюдения за вахту более чем 0,5-0,75, являются опасными показателями вида деятельности.

В своей практической деятельности судовые специалисты на ходовой вахте должны постоянно контролировать около 20 объектов, некоторые – сразу по нескольким параметрам. Если учесть, что при плавании в зонах оживленного судоходства или плохой видимости сосредоточенное наблюдение ведется постоянно, то есть практически 100% времени, то труд судовых специалистов следует рассматривать как очень тяжелый. Исследованиями по гигиене труда и эргономике установлено, что при напряженной работе оператора должно быть предоставлено для отдыха около 25% рабочего времени [2]. И, тем не менее, даже хорошо отдохнувший, профессионально компетентный судовый специалист допускает одно или два ошибочных действия на сотню. Поэтому для расчета надежности функционирования судового специалиста необходимо иметь данные о времени его безотказной работы (ВБР) и средних наработках на отказ. Сведения о текущем «надежном» состоянии судовых специалистов может содержаться, например, в базах данных информационно-поисковой подсистемы системы управления безопасностью судна (СУБ). При анализе надежности судового специалиста необходимо привлекать математическую модель этой надежности, которую можно записать так

$$\eta(t) = \psi(t)\sigma(t)\pi(t), \quad (1)$$

где $\psi(t)$ – фактор психофизиологической надежности;

$\sigma(t)$ – фактор социальной надежности;

$\pi(t)$ – фактор профессиональной надежности.

Расчет коэффициентов надежности судового специалиста, выполненный в рамках модели (1), следует реализовать, привлекая для этой цели, например, обобщенный алгоритм, представленный на схеме (рисунок).

Как следует из блок-схемы, в алгоритме должна быть предусмотрена управляющая программа, выполненная в виде головного модуля. Головной модуль алгоритма способен разделить вычислительный процесс на отдельные подпрограммы, упростить отладку и контроль хода решения задач и оценить надежность принятия судовым специалистом рабо-

тающих решений по управлению производственным процессом.

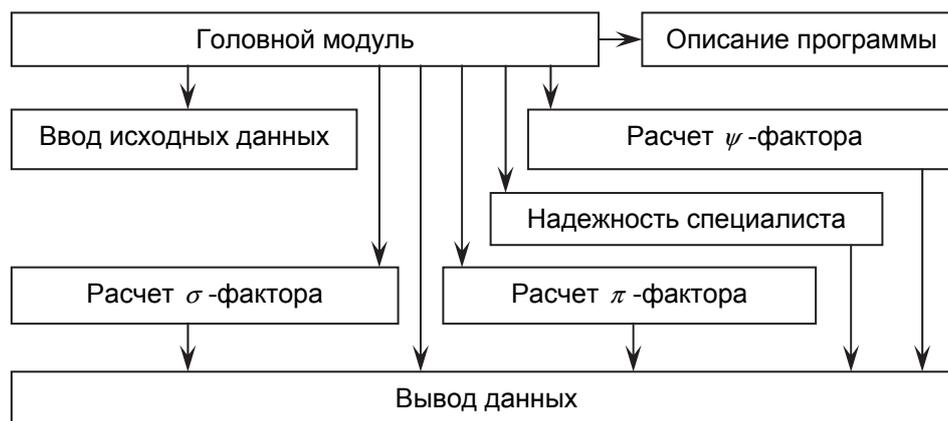


Рисунок – Обобщенный алгоритм

Отдельные подпрограммы-модули (см. рисунок) определяют процесс вычисления ψ -фактора, σ -фактора, π -фактора и общего коэффициента надежности судовой специальности. Ввод и вывод данных алгоритмом осуществляется по отдельным подпрограммам, причем должны быть предусмотрены различные варианты ввода и вывода данных. Алгоритмом (см. рисунок) предполагается возможность использования информационного модуля, который дает описание рабочих модулей всей расчетной схемы в целом. Обращение к этому модулю возможно лишь по специальной команде. Если в этой информации нет нужды, то алгоритм должен предусматривать сразу же обращение к модулю «Ввод исходных данных». После вычислений, предусмотренных этой программой, осуществляется возвращение в головной модуль и обращение к подпрограмме следующего модуля, например, «расчет ψ -фактора». Полностью процесс вычисления по этой подпрограмме заканчивается в «головном модуле программы».

В блок-схеме расчета ψ -фактора производятся необходимые вычисления величины этого фактора за текущий период, ее усреднение со значением предыдущего периода и определение величины фактора для последующих этапов расчета. Блок-схема расчета σ -фактора осуществляет вычисление составляющей уравнения надежности человека по социальному фактору. Если за расчетный период не было случаев отстранения судовой специальности от несения вахты, то расчет величины σ -фактора осуществляется циклически по каждому судовой специальности. В том случае, когда судовой специалист идентифицируется как нарушитель производственной дисциплины на судне, то алгоритм вносит его в группу риска. Блок-схема расчета величины π -фактора предусматривает ее расчет по трем составляющим $\pi_1(t)$, $\pi_2(t)$, $\pi_3(t)$, который также осуществляется циклически по каждому судовой специальности. Расчет величины фактора аварийности $\pi_1(t)$, осуществляется в зависимости от того принадлежит ли судовой специальности к группе риска или нет. Последовательность расчета фактора $\pi_2(t)$, и его усреднение за предыдущий период по каждому судовой специальности обязательно должна учитывать классификацию специалистов по уровню аварийной зависимости. Порядок расчета величины фактора $\pi_3(t)$ должен быть сведен к определению ее величины и если эта величина принимает значение меньше допустимого, то алгоритм должен подать сигнал о необходимости прохождения судовой специальностью дополнительной профессиональной переподготовки.

Блок-схема расчета общего коэффициента надежности $\eta(t)$ так же должна быть реализована как циклический вычислительный процесс для каждого судовой специальности. В каждом цикле расчета величины $\eta(t)$ для конкретного судовой специальности алгоритм должен предусматривать распечатку данных в следующем порядке: фамилию судовой специальности и величины всех вычисленных коэффициентов надежности в изложенной последовательности. Все перечисленные особенности алгоритма должны быть учтены при формировании информационно-поисковой подсистемы, названной, например, «Судовой специальности» и входящей в состав СУБ судна.

Таким образом, в целях управления судовым персоналом на судне и в компании уравнение надежности судового специалиста (1) может быть положено в основу алгоритма для информационно-поисковой системы, в которой должны содержаться сведения о надежности судовых специалистов. По результатам анализа величин ψ , σ , π и η факторов администрация компании может составить планы ротации кадрового состава на судах, а в тех случаях, когда значение ψ -фактора у судового специалиста низкое, администрация компании может, например, предложить этому специалисту текущий отпуск. Если значение ψ -фактора недопустимо сократилось и возможны дополнительные снижения этого фактора, то администрация компании должна выносить решение о списании такого специалиста на берег. Анализ σ -фактора позволяет обоснованно принять решение о необходимости административных воздействий на судового специалиста в связи с нарушениями трудовой дисциплины. При этом административные меры могут иметь широкий спектр воздействий, в том числе и увольнение из компании. По признакам профессиональной пригодности (π -фактор) администрация компании может принять решение о необходимости направления специалиста на дополнительное обучение или повышение квалификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гладышевский, М.А. Организационно-технические структуры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию судна / М.А. Гладышевский, М.А. Пасечников, К.В. Пеньковская; под общ. ред. В.И. Меньшикова. -Мурманск: Изд-во МГТУ, 2008. -212 с.
2 Панов, Д.Ю. Инженерная психология / Д.Ю. Панов, В.П. Зинченко. -М.: Прогресс, 1964.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: человек, надежность, аварийность, безопасность, блок-схема, уравнение надежности судового специалиста

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Зива Ирма Игоревна, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»
Хроненко Александр Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «МГТУ»
Пеньковская Ксения Вячеславовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «МГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13, ФГБОУ ВПО «МГТУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ В УСЛОВИЯХ НЕРОВНОГО МЕЛКОВОДЬЯ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.В. Вьюгов

STUDY OF VESSEL TRAFFIC IN SHOAL UNEVENNESS
«Novosibirsk state academy of water transport»

V.V. V'yugov

Experimental results on modeling of a moving ship in rough shallow water.

Keywords: ship traffic, shallow water

Представлены результаты эксперимента по моделированию движения судна в условиях неровного мелководья.

Судоводителям, особенно работающим на малых реках, хорошо известно, что судно, даже при грубых ошибках в управлении, не «хочет» садиться на мель, расположенную со стороны какого – либо борта. При неосторожном приближении к отмелому берегу или осередку судно отрыскивает в сторону глубокой воды. Это явление носит название эффекта глубокой воды. Автору пришлось убедиться в наличии этого эффекта при управлении теплоходом академии «Меридиан», когда штормом был снесен буй, и он приблизился к отмели, оставшейся от размытого острова.

В настоящее время автору неизвестен какой-либо метод оценки параметров движения судна в рассматриваемых условиях. Для устранения этого пробела автором были проведены специальные эксперименты в опытовом бассейне кафедры ТУК НГАВТ.

В бассейне на одной трети его длины была смонтирована площадка (из алюминиевых щитов) высотой в один метр при осадке модели 0,1 м. На площадке из щитов был смонтирован береговой откос с возможностью варьирования его угла. Эксперимент был проведен методом «паравана» и двухостровным методом. При варьировании точки подвески модели (метод «паравана») модель устанавливалась под определенным углом дрейфа на глубокой воде. При движении над ровной площадкой или вдоль откоса угол дрейфа изменялся. При

испытаниях на модели фиксировались гидродинамические усилия при движении на свободной глубокой воде и при движении на мелководье и на варьируемых расстояниях от откоса. Эффект проявил себя с полной своей наглядностью. При движении на глубокой воде в режиме «паравана» момента нет. При входе на площадку поперечная сила (с точностью измерений) практически не изменялась, но момент, даже при нулевом установленном первоначально угле дрейфа резко увеличивался. Модель разворачивалась в сторону глубокой воды, угрожая по инерции ударом кормой об откос. Модель никак не желала садиться на мель. Для устранения угрозы удара модель закреплялась на двух динамометрах в двух точках по диаметральной плоскости (двухостровной метод).

В результате проведенных испытаний была разработана методика расчета гидродинамических усилий при различных параметрах движения судна вдоль откоса. Стеснение по ширине оценивается коэффициентом s в виде соотношения площади свободного сечения потока с борта в сторону берега S к площади миделя S_m , то есть $s = S/S_m$.

Момент на корпусе судна оценивается коэффициентом

$$k_s = \frac{1}{60000s} - \frac{1}{60000}; \quad Cm_{rs} = k_s Cm_r.$$

Данная методика введена в программу расчета траектории произвольного движения судна.

На рисунке приведена траектория движения судна вблизи мелководного откоса берега. Вначале при непереложенных рулях судно отыскивает от берега. Если рулями не манипулировать, теоретически неустойчивое на курсе судно (а таких большинство) войдет в циркуляцию, а теоретически устойчивое на курсе судно будет продолжать прямолинейное движение некоторым курсом, отличным от первоначального.

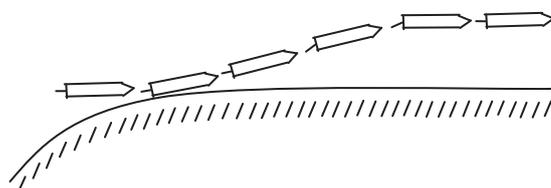


Рисунок – Эффект глубокой воды при $s = 1,5$

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: движение судов, мелководье
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Вьюгов Виктор Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ТОПОЛОГИЯ ФИГУРЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБСЕРВОВАННОГО МЕСТА НА ПЕРИФЕРИИ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

SHAPE TOPOLOGY OF THE COORDINATE ERRORS IN THE PERIPHERY OF A DIFFERENTIAL BEACON
 «Maritime state university named adm. G.I. Nevel'skoi»
 V.A. Katz, Yu.A. Komarovskiy

We investigated precision of the differential correction mode for a vessel's GPS receiver GP-37 at long distance from a DGPS station. To estimate precision of the coordinate measurements we used the envelope method. The obtained results did not yield an expected increase in precision.

Keywords: GPS-receiver, envelope method, error distribution, differential corrections

Выполнено исследование точности работы в дифференциальном режиме судового GPS-приёмника GP-37 на большом удалении от DGPS-станции. Для оценки точности использовался контурный метод. Результаты анализа не позволили выявить ожидаемого увеличения точности.

Развитие сетей локальных дифференциальных станций, работающих в стандарте МАРС, на внутренних водных путях и вдоль побережья морей России призвано, в первую очередь, повышать точность определения текущих координат судов. Так как дифференциальные поправки подвержены влиянию пространственной декорреляции, то возникает необходимость знать, как ухудшается точность координат судового DGPS-приёмника по мере удаления от антенны опорного приёмника станции. Обычно для оценки точности определения места судна используют дисперсии обсервованных широт и долгот, размахи варьирования, корреляционные моменты, показатели асимметрии и эксцессов. При этом априорно

принимается гипотеза о гауссовском законе распределения погрешностей с последующим представлением фигуры распределения обсервованных координат в виде круга или эллипса рассеивания. В работе [1] был предложен контурный метод оценки точности. Его достоинство заключается в том, что он не зависит от вида закона распределения погрешностей координат и от вида статистической связи между погрешностями. Контурный метод позволяет получить фигуру погрешностей, топология которой служит для оценки точности обсерваций и условий, в которых работает судовой GPS-приёмник. Такой подход и основанные на нём расчёты не зависят от присутствия систематических погрешностей в определяемых координатах. Цель данной статьи состоит в применении контурного метода для оценки точности работы судового DGPS-приёмника на значительном удалении от дифференциальной станции.

Для пояснения применяемого метода обратимся к рисунку 1.

На рисунке 1 точками изображены обсервованные места неподвижной антенны приёмника СРНС Навстар GPS. Точка O соответствует средним значениям широты и долготы, полученным за длительный период непрерывных наблюдений. Представим, что вся плоскость горизонта, на которую нанесены обсервации, разделена на k равных секторов, которые имеют общие границы и не перекрывают друг друга. На рисунке 1 показан i -тый сектор, чья биссектриса направлена по пеленгу α , который отсчитывается от северной части меридиана по ходу часовой стрелки от 0° до 360° . Внутри i -того сектора содержится N_i обсерваций.

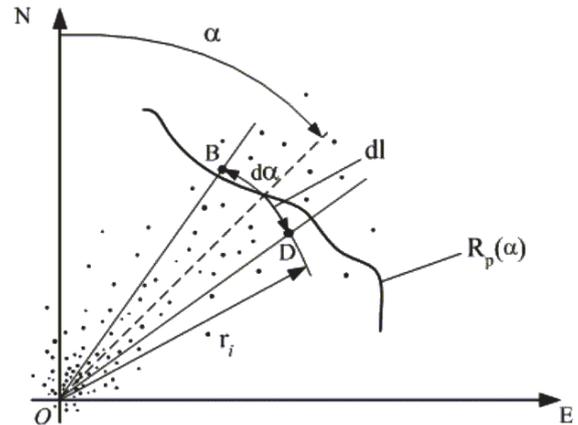


Рисунок 1 – Основы контурного метода оценки точности

Зададимся величиной радиуса-вектора r_i . Тогда отношение количества обсерваций n_i , лежащих внутри треугольника OBD , к общему числу обсерваций N_i , принадлежащих i -тому сектору, даст частоту p_i , $p_i = n_i/N_i$, которая будет точечной оценкой вероятности того, что фактическое место неподвижной антенны приёмника СРНС Навстар GPS находится внутри треугольника OBD . Оценка p_i является случайной величиной. Частота p_i будет по вероятности сходиться к p_r , если $N_i \rightarrow \infty$. Индекс r свидетельствует о том, что вероятность p_r соответствует r_i . Следовательно, задаваясь конкретной величиной вероятности p_r , и варьируя длиной радиуса r , можно отыскать такой радиус r_i , при котором величина отношения n_i/N_i будет как можно ближе к p_r . В этом случае каждый сектор имеет присущую ему длину радиуса r_i . Поэтому результатом вычислений по всем k секторам будет k -мерный вектор r радиусов, которые в общем случае имеют разные длины

$$r = |r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_k|.$$

Если соединить прямыми линиями концы соседних радиусов, то получим замкнутую ломаную линию, которая образует фигуру, характеризующую распределение погрешностей определения места неподвижной антенны по любому избранному пеленгу.

Пусть n_r -число обсервованных точек, принадлежащих контуру и его границе, соответствующее радиусу-вектору r при заданной вероятности p_r , N_i -общее число обсервованных точек в секторе i

$$n_r = \sum_{i=1}^k n_i; N = \sum_{i=1}^k N_i.$$

В работе [1] доказано, что при $\sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty$ отношение n_r/N будет сходиться по вероятности к p_r .

Когда $k \rightarrow \infty$, то ломанная линия, соединяющая концы радиусов-векторов r_i , будет приобретать более плавные очертания, формируя замкнутый контур, ограничивающий часть плоскости, внутри которой находится фактическое место антенны GPS-приёмника с задан-

ной вероятностью p_r . Таким образом, величина r_i служит мерой рассеивания обсервованных координат GPS-приёмника в направлении биссектрисы данного сектора. Понятно, что чем больше r_i , тем с меньшей точностью определяются координаты по данному направлению. Следовательно, рассмотренный контурный метод можно применять для оценки точности определения координат при возникновении объектов (конструкций судна, портовых сооружений, зданий, рельефа местности), создающих физические препятствия на пути распространения сигналов спутников и сигналов от дифференциальной станции. Данный метод был апробирован в работах [2-6].

Для анализа того, как расстояние до станции DGPS влияет на точность определения координат судна, в 2011 году был проведён эксперимент с судовым приёмником GP-37 компании Fuguro. Приёмник был неподвижно установлен во Владивостоке в районе горы Буссе. Высокое место проведения экспериментальных наблюдений было выбрано для обеспечения надёжного приёма сигналов дифференциальной станции мыса Поворотного. Расстояние между антенной приёмника GP-37 и антенной опорного приёмника дифференциальной станции мыса Поворотного составляло 55,8 мили (103,4 км). Экспериментальные наблюдения проводились с 11 июня по 3 августа. Наблюдения прерывались частыми отключениями электроэнергии, поэтому общее время наблюдений составило 1016,2 часов (42,3 суток). Всё это время приёмник GP-37 находился в режиме автоматического приёма дифференциальных поправок. Фиксация обсервованных координат и соответствующего им моменту времени производилась автоматически каждую секунду с записью на жёсткий диск ноутбука.

На предварительном этапе обработки из массива всех наблюдений были исключены те координаты, которые соответствовали сбоям в приёме дифференциальных поправок. Такие сбои происходили в результате радиопомех. В итоге выборка, подлежащая дальнейшей обработке, включала 3 688 162 пар обсервованных широт и долгот.

На первом этапе обработки были рассчитаны по всей полученной выборке величины средних значений широты φ_{cp} и долготы λ_{cp} , а также их средние квадратические погрешности (СКП) σ_φ и σ_λ в угловой мере

$$\varphi_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi_i; \lambda_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lambda_i; \sigma_\varphi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varphi_i - \varphi_{cp})^2}{N}}; \sigma_\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\lambda_i - \lambda_{cp})^2}{N}}, \quad (1)$$

где φ_i, λ_i – текущие обсервованные геодезические широта и долгота в системе координат WGS-84 соответственно;

N – объём выборки ($N = 3\,688\,162$ значений).

Рассчитанные затем статистические характеристики распределения широты и долготы выборки сведены в таблицу 1.

Если сравнить СКП широты и долготы, а также размахи их варьирования, представленные в таблице 1, с аналогичными характеристиками точности приёмников GP-37 и J-NAV500, работавших во Владивостоке в автономном режиме, то нельзя сделать вывод о повышении точности от приёма дифференциальных поправок.

Видно, что превосходство случайных погрешностей широты над случайными погрешностями долготы сохраняется вопреки приёму дифференциальных поправок. Обнаруживается отрицательная асимметрия, как в распределении широты, так и в распределении долготы. Тем не менее, по сравнению с характеристиками распределения координат GP-37, работавшего в автономном режиме, дифференциальный его режим характеризуется более высокой островестью распределения широты по сравнению с распределением долготы.

Наглядное представление об эмпирических законах плотности распределения широты и долготы можно получить по гистограммам рисунков 2 и 3. На рисунке 2 длина интервала равна 0,0003 минуты (0,555 м). У гистограммы распределения долготы (рисунок 3) протя-

Таблица 1 – Статистические характеристики распределения широты и долготы работы приёмника GP-37 в дифференциальном режиме

Статистическая характеристика	Широта	Долгота
Среднее, минуты	0,075536	0,239519
СКП, минуты	0,0008745	0,0008109
СКП, метры	1,619	1,1
Размах варьирования, минуты	0,0143	0,0113
Размах варьирования, метры	26,477	15,328
Асимметрия	-0,042	-0,141
Эксцесс	1,701	0,992
Мода, мин	0,075597	0,239556
Медиана, мин	0,075572	0,239379

жённость интервала равна также 0,0003 (0,407 м). На гистограммы нанесены кривые теоретических частот закона распределения Гаусса.

Сравнение рисунков 2 и 3 позволяет сделать вывод о большей концентрации малых отклонений широты от среднего значения по сравнению с отклонениями долготы. Эмпирическая плотность распределения долготы ближе к закону Гаусса по сравнению с распределением широты.

На следующем этапе обработки по формулам (2) произведён переход от угловых φ_i и λ_i к линейным координатам x_i и y_i с одинаковыми линейными масштабами вдоль осей X (Запад-Восток) и Y (Юг-Север) с одновременным центрированием случайных величин



Рисунок 2 – Гистограмма распределения широты в дифференциальном режиме работы приёмника GP-37



Рисунок 3 – Гистограмма распределения долготы в дифференциальном режиме работы приёмника GP-37

$$x_i = (\lambda_i - \lambda_{cp}) \times \ell_p; y_i = (\varphi_i - \varphi_{cp}) \times \ell_m, \quad (2)$$

где ℓ_p, ℓ_m – длины в метрах дуги одной минуты параллели и дуги одной минуты меридиана соответственно.

При вычислении ℓ_p и ℓ_m для референц-эллипсоида WGS-84 использовались простые и, в то же самое время, высокоточные формулы, полученные в работе [7] с помощью биномиальных коэффициентов.

На последнем этапе расчётов вычислялось количество обсерваций, принадлежащих каждому из 72 смежных секторов шириной в 5°. Левая граница первого сектора совпадала с направлением на истинный север. Правая граница каждого сектора ему не принадлежала. По каждому сектору определялось такое расстояние r от начала координат, при котором отношение количества обсерваций, отстоящих на расстоянии r_i от начала координат до r , к общему количеству обсерваций в данном секторе было равно 0,68 и 0,95. Затем эти расстояния откладывались по биссектрисам 72 секторов. Так были получены контуры погрешностей представленные на рисунке 4. Внутренний контур соответствуют вероятности 0,68.

На рисунке 4 видна асимметрия распределения погрешностей координат по направлениям. Видно, что фигуры погрешностей вытянуты вдоль меридиана, но их формы далеки от эллипсов. При этом контуры не конгруэнтны. Контур, внутри которого истинное место находится с вероятностью 0,68, обладает большей симметрией по сравнению с внешним контуром. Внешний контур отягощён отклонениями координат в направлениях на северо-восток и на юго-запад. Следовательно, приём дифференциальных поправок на удалении 56 миль и более от DGPS-станции не изменяет топологию распределения погрешностей координат, так как доминирующим фактором, влияющим на форму и ориентацию фигур погрешностей, продолжает оставаться характер перемещения спутников относительно GPS-приёмника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Комаровский, Ю.А. Контурный метод оценки точности ОМС приёмником СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вестн. Мор. гос. ун-та. Сер. Судовождение. -Владивосток, 2005. -Вып.9. -С. 10-13.

2 Кац, В.А. Контур погрешностей координат GPS-приёмника / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 133-137.

3 Кац, В.А. Влияние места установки антенны GPS-приёмника на точность определения координат / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№2. -С. 112-115.

4 Кац, В.А. Уточнение границ контура погрешностей координат GPS-приёмника GP-37 / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1. -С. 175-179.

5 Кац, В.А. Оценка точности плановых координат GPS-приёмника GP-270ML контурным методом / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2010. -№1. -С. 124-128.

6 Кац, В.А. Предварительная оценка влияния диаграммы направленности антенны на точность приёмника J-NAV500 / В.А. Кац, Ю.А. Комаровский // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 108-111.

7 Комаровский, Ю.А. Точные вычисления пройденных расстояний на земных эллипсоидах / Ю.А. Комаровский // Современные проблемы развития и методики преподавания естественных и точных наук: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 16-18 дек. 2009 г. -Уссурийск, 2009. -С. 154-161.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: GPS-приёмник, контурный метод, распределение погрешностей, дифференциальные поправки

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, инженер ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского» Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

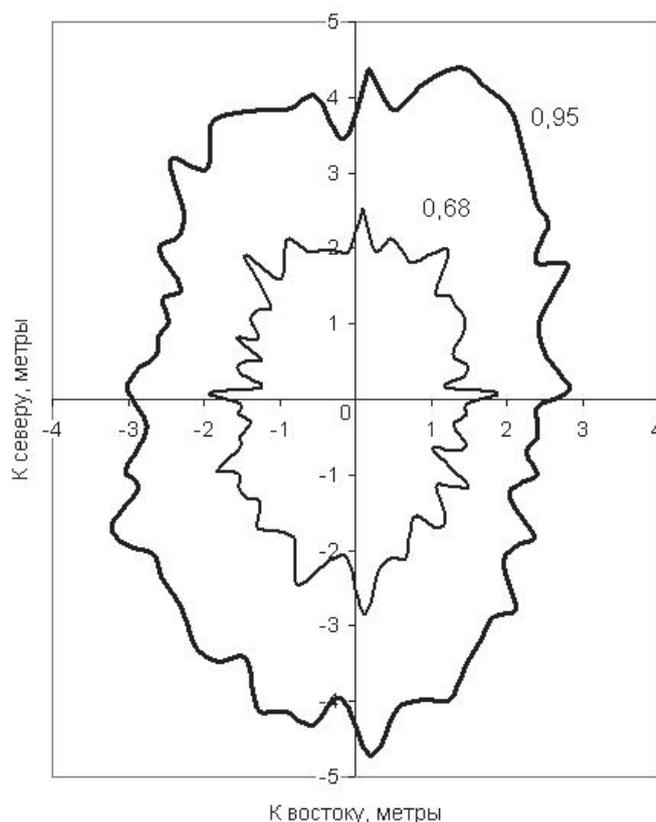


Рисунок 4 – Контурные погрешностей приёмника GP-37, работавшего в дифференциальном режиме во Владивостоке

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВЫХ ПОТЕРЬ СУДОВ МИРОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА И МЕРЫ ПО ИХ УМЕНЬШЕНИЮ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

А.И. Потутаровский

ANALYSIS OF THE CHANGE IN THE ANNUAL LOSS OF THE WORLD TRANSPORT FLEET SHIPS AND MEASURES TO REDUCE IT IN THE PAST, PRESENT AND FUTURE

«Maritime state university named adm. G.I. Nevel'skoi»
A.I. Potutarovskiy

The constructed schedules of absolute and relative annual losses of vessels from 1933 to 2011 helped to estimate measures for their decrease. It is shown that already today this measures not enough. Need of the equipment of vessels according to earlier developed method, elastic pneumatic capacities locates.

Keywords: failures, safety, losses, schedules, methods and measures of deduction of vessel on pilaf

Построенные графики абсолютных и относительных ежегодных потерь судов с 1933 до 2011 года помогли оценить меры по их снижению. Показано, что уже сегодня этих мер недостаточно. Обосновывается необходимость оборудования судов эластичными пневматическими емкостями согласно ранее разработанному методу.

Более 80% мировой торговли осуществляется посредством морских перевозок [1]. Дальнейшее развитие человечества связано с освоением морей, основой которого служат суда и другие средства. Морское судоходство сопряжено с риском аварий. Общие причины:

воздействие внешней среды, отказы техники, ошибки людей. Различные составляющие этих воздействий могут проявляться по отдельности, либо в каком-то сочетании. Везде присутствует «человеческий фактор». В основном это ошибки эксплуатационников, проектировщиков, строителей, ремонтников или лиц, обслуживающих судоходство. Один из исследователей аварийности на море заявлял: «Абсолютная безопасность на море невозможна. Можно ставить вопрос только о минимизации опасности» [2]. На международном симпозиуме, посвященном человеческим и организационным ошибкам, было обосновано: «Аварии судов, в силу не проходящей способности людей ошибаться, были, есть и будут» [3]. В прошлые десятилетия каждое третье судно ежегодно попадало в аварию [4]. За год в Мировом флоте их происходят тысячи. Тяжесть аварий различна. Чаще их останавливают. Не остановленные аварии – перерастают в катастрофы. Они вызывают наибольшие убытки, потери судов, людей и наносят вред экологии. С потерей плавучести (51% аварийных судов) связана гибель ~20% всех погибающих в море. От опрокидывания (~2%) гибнут более 70% людей [5].

Специалисты всегда стремились минимизировать воздействие аварий. Использовали для этого имеющиеся на тот период времени материалы и привлекали соответствующие достижения науки и техники. Но в первую очередь спасали людей. Сформировались три направления этих действий. Разработка и совершенствование индивидуальных и коллективных спасательных средств (круги, жилеты, костюмы, лодки, плоты, отделяющиеся части судов, сбрасываемые лодки и т.д.). Спасение людей внешней помощью (суда, самолеты, вертолеты и т.д.). Спасение аварийного судна с экипажем. При катастрофических авариях эффективность спасения людей в настоящее время составляет 50%. И то во многом благодаря появлению в последние десятилетия наземных и спутниковых систем оповещения об авариях (ГМССБ, ИНМАРСАТ, КОСПАС-САРСАТ) и мировой системы спасательно-координационных центров, использующих эти системы связи. Это позволило сократить время обнаружения терпящих бедствие и начала спасательной операции до 12 ч [6]. Прежде, до их появления, по данным береговой охраны США, только в 42% случаев катастроф люди спасались. Остальные погибали при оставлении судна, перемещении в спасательные средства или выживании в них.

Практика и опыт мореплавателей доказывали, что наилучшим спасательным средством является само судно [7]. Всегда было известно, что существует вероятность аварий, выхода из строя механизма, агрегата, корпуса судна, отказа в работе. Чтобы не допускать трагических последствий этого, повышали живучесть судов. Во все времена разрабатывались меры по защите корпуса, сохранению его прочности, плавучести и остойчивости. Тем самым повышали надежность судов и безопасность людей.

Отражением эффективности принимаемых мер за соответствующий исторический период судоходства могут служить статистические данные потерь судов, фиксируемые Ллойдовскими страховщиками. Они учитывают суда грузоподъемностью 500 и более регистровых тонн. Ежегодные потери, несмотря на общую тенденцию снижения в течение последних трех десятилетий, не одинаковы. Иногда они возрастали. Проанализируем эти изменения и дадим оценку мер, предпринимаемых международным сообществом по уменьшению или прекращению потерь. Для удобства анализа и наглядности построены графики количественных (рисунок, кривая 1) и относительных потерь (кривая 2 и 3).

Из периода второй Мировой войны удалось установить лишь осредненную годовую величину потерь в 913 судов. Дополнительно к графику 1 (рисунок) изображены средние годовые потери за несколько пятилетий (пунктирные линии). Это сделано для удобства восприятия тенденции снижения и темпов изменения потерь. Ввиду отсутствия информации за некоторые годы (1955-1957; 2001-2005) для кривой 1 и немалых значений для кривых 2 и 3, изменение потерь представлены в виде сплошных линий. Будем считать с некоторой долей условности, что потерянные с 1954 по 1960 годы суда были по тоннажу одинаковыми с потерянными в 1953 и 1961 годах. Тогда графики 2 и 3 можно соединить и анализировать их как один – «относительные потери», имея в виду, что тоннаж и количество эксплуатируемых судов ежегодно увеличивались [4, 8]. В 1961 году в эксплуатации было 23019; в 1971 – 29520; в 2009 – 47867 судов.

Разделим все графики на пять временных периодов:

- 1) довоенный;
- 2) период войны;
- 3) послевоенный (до 1960 г.);

4) 1961-1980 годы;

5) 1981-2010 годы.

В первые три периода транспортные суда имели в основном клепаные корпуса классической конструкции. Корпус разделялся для обеспечения непотопляемости на ряд отсеков поперечными водонепроницаемыми переборками, палубами и платформами (для грузовых судов, как правило, обеспечивалась одноотсечная непотопляемость). Так реализовывался конструктивный метод. Он считается самым надежным и эффективным, автоматически действующим, без движущихся частей и механизмов. Применяется и в настоящее время согласно Правил Регистра и других классификационных обществ для судов длиной более 80 м. В случае водотечных повреждений, помимо этого минимального конструктивного обеспечения непотопляемости, имелась возможность применения и других двух методов: борьбы экипажей за живучесть судна путем заделки пробоин заводкой пластыря, постановкой цементного ящика, конопаткой и т.д.; использованием возможностей изменения посадки судна (перекачка жидкостей насосами, балластировка).

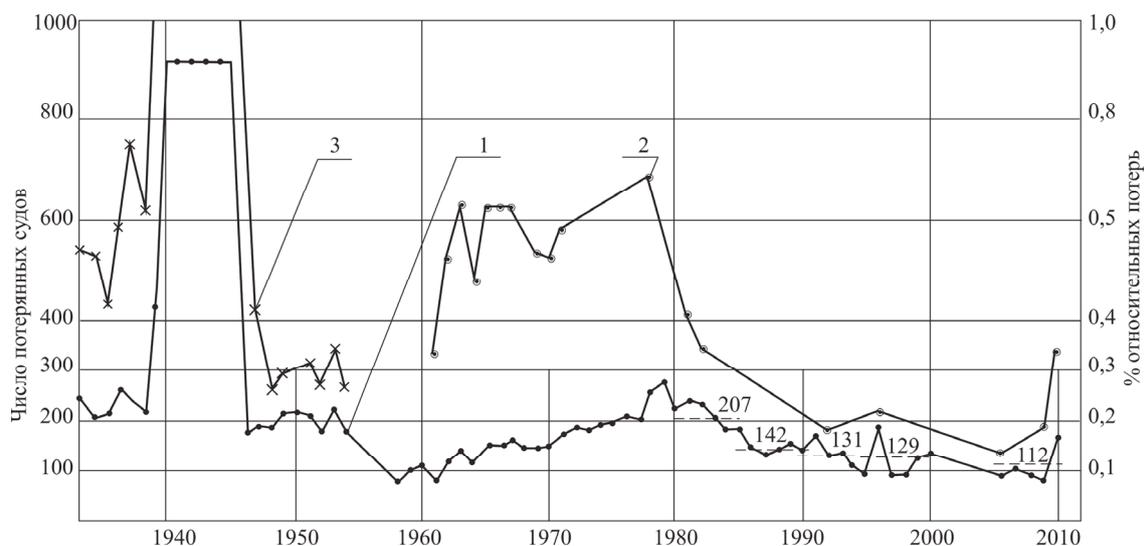


Рисунок — Графики потерь судов мирового транспортного флота: 1-количество судов; 2-процент потерь судов от общего числа эксплуатируемых судов; 3-процент тоннажа потерянных судов; ●-количество потерь судов за год; ×-процент годового тоннажа потерянных судов; — — — направление изменения потерь; ●-процент потерь судов от эксплуатируемых за год; — — — средние потери судов за 5 лет

Суда в эти годы имели значительную численность экипажей, потому, что автоматизация на судах практически отсутствовала. Двигателем была паровая машина, для работы которой и судна в целом требовался штат кочегаров и матросов. Такой двигатель обеспечивал судну невысокую скорость в 8-9 узлов. Несмотря на немалое число людей на судне, небольшие скорости хода и надежность клепаных корпусов, довоенные потери (даны без СССР до 1955 года) были стабильно высокие. В среднем 250 судов в год [8]. В годы войны потери судов, являвшихся результатом еще и боевых действий, резко возросли. Повреждения корпусов в виде пробоин были значительны по размерам. Шансов спасти судно, если затоплению подвергался не один отсек, практически не было. Единичными случаями удержания на плаву небольших судов (торпедных катеров и морских охотников) были случаи надувания под палубой запасных мягких емкостей под топливо.

За годы войны мировой торговый флот уменьшился примерно на 5-6 тысяч судов. Это, включая бережное отношение к оставшемуся флоту после войны, вызвало уменьшение интенсивности судоходства. К концу пятидесятых годов (1958 год) лишь 7% судов имели скорость более 14 узлов [4]. Меры по сохранению плавучести, борьбы за живучесть и предотвращению потерь оставались практически теми же, что и раньше. Первые опыты использования радиолокаторов на гражданских судах еще не имели массового характера. Их применяли с осторожностью. Как результат, потери были меньше довоенных.

Четвертый период характерен широким внедрением на гражданском флоте радиолокации, дизелей, турбинных двигательных установок. Все это сопровождалось увеличением скоростей хода до 20 и более узлов, внедрением автоматики и соответственно уменьшени-

ем численности экипажей. Строилось и вступало в строй большое количество новых судов. За десять лет с 1961 года флот увеличился на 6501 судно. Рост численности судов, тоннажа, ускорение обработки судов в портах увеличивало частоту рейсов и затрудняло управление судами. Массовая установка радиолокаторов на судах привела к своеобразной радиолокационной эйфории. Возросла аварийность из-за недостаточной освоенности этой новой техники, отсутствия отработанных на необходимом уровне методик пользования. Кроме этого, в конце шестидесятых годов появились суда новых конструктивных типов: Ро-Ро, контейнеровозы, катамараны. Поперечные переборки на Ро-Ро в грузовых трюмах отсутствовали практически полностью, а внутренние продольные переборки, являющиеся по сути вторыми бортами, ставили их в трудное положение по обеспечению остойчивости при получении пробоины. Таких судов гибло в два раза больше, чем обычных сухогрузных [9]. Для новых типов судов обеспечение непотопляемости не соответствовало должной эффективности. Так, на катамаранах стандартные пластыри на подкильных концах установить на пробоину было невозможно. В результате бурного и, в общем-то, прогрессивного развития судостроения и судоходства произошло возрастание количества аварий и потерь судов. График 1 (см. рисунок) это и отражает.

Оперативной реакцией на возрастание потерь явилось формирование национальных и международных спасательных организаций. Появились ЭО АСПТРы, ЭО АСРы, координационные спасательные центры, ИМО и т.д. На судах устанавливались системы контроля затопления отсеков; в помощь принятия наилучшего решения в аварийной ситуации разрабатывались и внедрялись на судах планшеты непотопляемости, позднее – компьютеры. Для экономичных накатных судов предложен метод уравнивающего расположения помещений обоих бортов с использованием соответствующих размеров перетоков и воздухоотводящих труб. Некоторые типы судов (СА-15) оборудовались мощными компрессорными установками, которые могли обеспечить надув отсека воздухом и предотвратить поступление забортной воды до определенного уровня в случае пробоины. Разрабатывались системы навигационного, метеорологического и аварийного оповещения. Спутниковые системы обнаружения бедствий на море, конструктивные улучшения и черные ящики на судах дали практический результат – уменьшили время начала спасательных операций и позволили получить большой эффект сохранности и людей, и судов.

Благодаря этим мерам и общим «всеобъемлющим действиям»: совершенствования конструкций судов и систем их технического обслуживания; повышения уровня профессионализма на всех этапах при проектировании, строительстве, эксплуатации судна; уменьшения времени на принятие решения; затрат усилий национального и международного характера число катастроф и потерь судов уменьшилось. Это первый и главный, подтвержденный графически, вывод. В отдельные годы в конце двадцатого, начале двадцать первого века годовые цифры потерь не превышали одной сотни. Второй вывод – темп снижения потерь уменьшается (пунктирные линии осредненных показателей). В настоящее время (2011, 2012 годы) осредненные потери за предшествующий пятилетний период (1996-2010 годы) составили 112 судов. И это притом, что в предыдущие 40 лет использовались все самые передовые достижения науки и техники в судостроении и судоходстве. Третий вывод – увеличение потерь в отдельные годы (1996, 2010 г.) по отношению к предыдущим почти в 2 раза, вынуждают констатировать о невозможности стабильного ограничения потерь судов используемыми методами и мерами. При дальнейшем увеличении количества судов и интенсивности судоходства, существующих мерах и методах сохранения аварийных судов на плаву этого будет недостаточно. В связи с этими и не представленными здесь факторами возрастания числа аварий в ближайшем будущем, можно прогнозировать постепенное увеличение годовых потерь (четвертый вывод).

Повреждения, вызванные авариями, стали более тяжелыми. Эксплуатационники и спасатели в связи с этим стали сетовать на недостаток сил, времени и средств, для удержания поврежденных судов на плаву. Для малых судов это тем более актуально, так как они имеют меньшие абсолютные запасы плавучести и остойчивости и гибнут значительно быстрее и чаще. Вероятность опрокидывания малых судов возрастает с уменьшением их размеров. Для судов валовой вместимостью менее 1000 регистровых тонн вероятность гибели в среднем в три раза больше, чем крупных [7]. В связи с этим можно утверждать (пятый вывод), что график 1 показывает лишь «вершину айсберга» потерь всех судов (не только мирового транспортного флота) на морях, океанах и водоемах Земли.

С развитием флота, его ростом качественно и количественно, появлением новой техни-

ки, увеличением интенсивности судоходства к известным причинам аварий будут добавляться новые. Например, 1) высокие темпы погрузки судна современными средствами нередко опережают скорость откачки балластных вод. Корпус испытывает перегрузки. Их проявление произойдет позже, при других условиях работы. 2) при скоростной погрузке отдельные фракции насыпных твердых грузов повреждают обшивку корпуса. Создается угроза затопления грузовых трюмов и остойчивости судна [10]. Причины аварий будут увеличиваться, а меры по обеспечению непотопляемости и борьбы за живучесть по сути остаются прежними, классическими. Попытки внедрения на судах новых типов пластырей – электромагнитных [11], пневматических [12], магнитных накладок [13] и других не дали ожидаемого результата при борьбе за живучесть. Потому что, как правило, вся борьба с помощью пластырей при наличии средней или большой пробоины ведется по существу после затопления. Оперативно можно бороться только с малыми пробоинами в начальной стадии затопления. К недостаткам борьбы этими средствами следует отнести необходимость остановки судна, а значит потерю управляемости. Это может породить дополнительные угрожающие факторы [14]. Спуск водолазов за борт не всегда возможен и безопасен в условиях моря.

На разных видах транспорта давно и постепенно стало формироваться новое направление обеспечения безопасности людей. Оно связано с восстановлением уже в процессе аварии утрачиваемых жизненно обеспечивающих качеств самого транспортного средства. То есть, сохраняя транспорт, этим самым повышают безопасность и людей. На флоте еще в конце XIX в. известный русский флотоводец адмирал Макаров С.О., занимавшийся разработкой конструктивной непотопляемости военных кораблей, предлагал восстанавливать плавучесть поврежденных судов с помощью надувных емкостей (трюмных мешков). В 1928 и 1932 годах появились изобретения [15], [16] российских авторов предлагающих повысить остойчивость и плавучесть маломерных судов с помощью воздушных баллонов. На небольших прогулочных лодках лет двадцать назад предложено устанавливать съемные надувные элементы (плавательные бревна), а в настоящее время их устанавливают штатно по бортам над ватерлинией.

С помощью мягких понтонов и надувных буев не раз спасались с глубины и с мелководья суда и в России и за рубежом. В конце двадцатого века выполнены исследования Гордона [17] о наиболее эффективных мерах обеспечения непотопляемости и остойчивости аварийных судов. На первое место им был поставлен конструктивный метод, на второе – с помощью эластичных спонсонов. Возрастание внимания ко второму методу в этот период проявилось публикацией большого количества изобретений и патентов на оболочечные конструкции надувного и мембранного типов. В 1991 году появилась заметка рекламного характера о проекте надувных эластичных баллонов для повышения живучести рыболовных судов [18].

Ограниченность повышения непотопляемости существующими мерами вынуждает специалистов привлекать все больше сил и средств для поиска более быстродействующих и эффективных мер и методов. В декабре 2010 года Еврокомиссия выделила грант в размере 2,65 млн. евро на формирование консорциума из девяти проектно-конструкторских и инженерных бюро во главе с консультационной компанией BMT Group для разработки системы из надувных кевларовых баллонов, удерживающих судно, получившее пробоину, на плаву.

Разработкой таких же конструкций для тех же целей, но не только внутри корпусного, а также и забортного размещения, занимались на кафедре «Теория и устройство судов», являющейся базой научной школы мягких оболочек Морского государственного университета. Первые публикации по расчету мягких емкостей этого назначения появились в 1974 году. Сотрудникам школы стало понятно, что проблема безопасности мореплавания может решаться через повышение технической надежности корпусов судов. То есть в аварийной ситуации недостающие для судна силы плавучести и восстанавливающие моменты можно формировать на самом судне, с помощью конструкций, являющихся его неотъемлемой частью. С этой целью была разработана теория влияния пневматических емкостей двух вариантов размещения для предотвращения потери плавучести и опрокидывания, в том числе внезапного. Были выполнены расчеты прочности и габаритных параметров мягких емкостей, позволяющие использовать их на судах любых размеров. Для оценки времени заполнения мягких емкостей, находящихся под различной нагрузкой, было разработано новое научное направление – «Газозаполнение мягких емкостей от различных источников и под различной нагрузкой». Подготовленные технические задания использовались для изготовления на заводе «Узбекрезинотехника» партии мягких понтонов грузоподъемностью по 500 кН каждый и

двух партий закладных емкостей меньшей грузоподъемности. Последняя, в силу конструктивных особенностей, может применяться как внутри корпуса, так и снаружи. Все емкости имеют простейшие формы, позволяющие их компактно складывать. На судах, при дефиците площадей и объемов, это важно. Все конструкции испытывались, а вторая партия использовалась еще и практически – для снятия судна с каменного рога в районе рыбокомбината «Каменский» (Приморский край, Россия).

Предложенный материал затрагивает несколько взаимосвязанных проблем: надежности судов, их технической и экономической эффективности, безопасности и экологии, требующих оценки и решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Безопасность и защита морской среды // Мор. флот. -2010. -№1/2. -С. 31-32.
- 2 Ватанибэ, Е. Проблемы безопасности на море / Е. Ватанибэ // Сэнко чэппо. -1990. -№31(7). -С. 32-34.
- 3 Максимаджи, А.И. Международный симпозиум «Человеческие и организационные ошибки в морской технике» / А.И. Максимаджи // Судостроение. -1997. -№5. -С. 78-81.
- 4 Пономарев, В.Е. Человек и безопасность судовождения / В.Е. Пономарев. -М.: Транспорт, 1976. -151 с.
- 5 Конопелько, Г.И. Охрана жизни на море / Г.И. Конопелько, С.С. Кургузов, В.П. Махин. -М.: Транспорт, 1990. -270 с.
- 6 Абчук, В.А. Теория риска в морской практике / В.А. Абчук. -Л.: Судостроение, 1983. -150 с.
- 7 Александров, М.Н. Безопасность человека на море / М.Н. Александров. -Л.: Судостроение, 1983. -208 с.
- 8 Колотов, Н.А. Аварии морских судов и их предупреждение / Н.А. Колотов. -М.: Мор. трансп., 1959. -232 с.
- 9 Холоша, М.В. Проектные исследования вопросов непотопляемости накатных судов за рубежом / М.В. Холоша // Труды ЛКИ. Оптимизация проектируемых судов. -Л., 1985. -С. 98-103.
- 10 Safety at Sea International [Electronic resource]. -2010. -Dec. -P. 18-19.
- 11 Козлов, А.И. Совершенствование методов борьбы за живучесть судна: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Козлов. -Л., 1986. -171 с.
- 12 Алексеев, В.И. Принципы конструирования, особенности технологии изготовления и монтажа пневматических пластин при аварийных повреждениях корпусов судов: дис. ... канд. техн. наук / В.И. Алексеев; Николаев. кораблестроит. ин-т. -Николаев, 1985. -207 с.
- 13 Marine Links Company [Electronic resource]. -2011. -1 (Nov).
- 14 Снопков, В.И. Безопасность мореплавания / В.И. Снопков, Г.И. Конопелько, В.Б. Васильева. -М.: Транспорт, 1989. -247 с.
- 15 А.с. 7242. Устройство, предназначенное для поддержания на воде тонущего судна / П.Я. Потапкин // Вестн. Ком. по делам изобрет. -1928. -№4. -Кл.65а16.
- 16 А.с. 27301. Приспособление для сообщения лодке устойчивости на воде / И.И. Сидоров // Вестн. Ком. по изобретательству. -1932. -№5. -Кл.65 с1.
- 17 Gordon, V. No substitute for bulkheads? / V. Gordon // Marine Eng. Rev. -1990. -July. -P. 28-29.
- 18 Обеспечение непотопляемости, предотвращение опрокидывания грузопассажирских паромов с горизонтальной грузообработкой // Судостроение. -1991. -№7. -С. 38.
- 19 The Motor Ship News [Electronic resource]. -2010. -13 (Dec.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аварии, безопасность, потери, графики, методы и меры удержания судна на плаву
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Потутаровский Анатолий Иванович, заведующий лабораторией ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.В. Вьюгов

RESEARCH OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF INLAND NAVIGATION VESSELS
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.V. V'yugov

Data on influence of settlement situation abscissa the aerodynamic center of pressure are provided at calculation of aerodynamic characteristics of vessels.

Keywords: navigator simulator, calculation of aerodynamic characteristics of vessels

Приведены данные о влиянии расчетного положения абсциссы аэродинамического центра давления при расчета аэродинамических характеристик судов.

Анализ существующих методов расчета аэродинамических характеристик судов внутреннего плавания [1] показал, что авторы этих методов упустили из внимания очень важный фактор – расчетное положение абсциссы аэродинамического центра давления (АЦД). При малых значениях углов дрейфа при движении передним ходом и при больших при движении

задним ходом расчетный главный вектор аэродинамических сил оказывается вынесенным за корпус судна, что противоречит физическому смыслу исследуемого процесса.

Неадекватность этих методов приводит к невозможности качественной идентификации математической модели произвольного движения судна, которая применяется, например, в программе судоводительского тренажера. Эта неадекватность может быть устранена путем уточнения структуры расчетных формул.

При исследовании аэродинамических характеристик надводных конструкций судов в первую очередь необходимо пройти этот путь традиционным способом, то есть путем проведения испытаний их моделей, дублированных относительно ватерлинии, в аэродинамической трубе.

Был проведен единичный эксперимент в аэродинамической трубе и систематические испытания в гидродинамическом бассейне. Целью экспериментов являлась проверка адекватности результатов испытаний традиционным методом (в трубе) и в гидродинамическом бассейне.

Для проведения экспериментов была разработана усредненная модель надводной части грузового судна, дублированная относительно конструктивной ватерлинии (КВЛ) со следующими параметрами: длина модели $L_m = 0,5$ м; длина первой надстройки $\ell_1 = 0,08$ м; длина второй надстройки (рубки) $\ell_2 = 0,03$ м; высота первой надстройки $h_1 = 0,012$ м; высота второй надстройки $h_2 = 0,012$ м; ширина первой и второй надстройки $b_1 = b_2 = 0,073$. Надстройки могут быть перемещены вдоль корпуса судна.

Исследования в аэродинамической трубе были проведены методом нулевого момента (паравана) [2]. Суть метода паравана заключается в том, что модель судна крепится на вертикальном шарнире, имеющем возможность перемещаться вдоль ее диаметральной плоскости и обеспечивающем свободное вращение модели в горизонтальной плоскости. Под воздействием равномерного аэродинамического потока модель сама устанавливается под некоторым углом дрейфа β , фиксируемым оператором. Угол дрейфа β определяется по шкале-транспортиру, при помощи встроенной в модель лазерной указки. Замер продольной и поперечной сил в поточной системе координат осуществляется при помощи двухкомпонентного динамометра, закрепленного на шарнире. Положение шарнира соответствует абсциссе центра давления (гидродинамического ГЦД или аэродинамического АЦД). Это означает, что суммарный момент сил, приложенных к модели в данной точке и при данном угле дрейфа, равен нулю. Варьируя положение шарнира по длине модели и фиксируя в каждом случае угол дрейфа, получают зависимости относительной абсциссы АЦД от угла дрейфа $\bar{\ell}_{цд} = f(\beta)$. Здесь $\bar{\ell}_{цд} = \ell_{цд} / L_m$.

Сравнивая результаты экспериментов, проведенных в аэродинамической трубе и результаты экспериментов в гидродинамическом бассейне, можно сделать вывод, что предположение об идентичности результатов оказалось верным. Это позволяет проводить систематические исследования аэродинамических характеристик надводных частей моделей судов в гидродинамических бассейнах.

В аэродинамической трубе известно два способа испытаний моделей – дублированных относительно КВЛ и с экраном, имитирующим поверхность воды. В гидродинамическом бассейне можно проводить испытания с дублированной моделью и с перевернутой, погруженной в воду только до КВЛ (способ Хьюза).

Применение этого метода позволяет оперативно получать информацию об аэродинамических характеристиках судна и траекторий их произвольного движения при ветрах любого направления.

Информация об углах дрейфа позволяет рассчитать ширину ходовой полосы и оценить безопасность плавания при движении в узкостях и шлюзах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник по теории корабля. Т.3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания / под ред. Я.И. Войткунского. -Л.: Судостроение, 1985. -544 с.
- 2 Вьюгов, В.В. Управляемость водоизмещающих речных судов / В.В. Вьюгов; М-во трансп. Рос. Федерации, Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 1999. -262 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судоводительский тренажер, расчет аэродинамических характеристик судов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Вьюгов Виктор Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОВОЗОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛА

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения»

А.П. Буйносов, Д.Ю. Козаков

INCREASE OF A RESOURCE OF BANDAGES OF WHEEL PAIRS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES AND ELECTRIC TRAINS AT THE EXPENSE OF NANOMATERIAL APPLICATION

«Ural state university of railway transport»

A.P. Buinosov, D.Yu. Kozakov

Results of pilot studies on estimates of influence of application of a nanomaterial on increase of a resource of bandages of wheel pairs of electrrolling stock are presented.

Keywords: electric locomotive, electric train, wheel pair, bandage, nanomaterial, processing, resource, increase

Представлены результаты экспериментальных исследований по оценки влияния применения наноматериала на повышение ресурса бандажей колесных пар электроподвижного состава.

Интенсивный износ колесных пар электроподвижного состава – серьезная проблема на сети железных дорог, вызывающая значительные расходы и угрожающая безопасности движения. В настоящее время в России срок службы бандажей колесных пар не превышает 300-400 тыс. км, сократившись с начала 80-х гг. XX века более чем в 2 раза [1].

Поскольку интенсивность износа рельсов и колесных пар зависит от многих факторов, указанную проблему решают комплексно [2]. В частности проведены исследования по оценке эффективности лубрикации зоны контакта колеса с рельсом [3], влияния на величину износа твердости колес и рельсов [4], разности диаметров бандажей [5], применения рекуперативного торможения, перекосов колесных пар, состояния резиновых элементов сайлент-блоков, созданы технические средства оперативного контроля состояния ходовых частей подвижного состава и пути [6, 7].

Авторами исследовано влияние применения наноматериала – триботехнического состава (ТС) НИОД (нанесение ионного покрытия на детали) на износостойкость гребней бандажей и ресурс колесных пар электроподвижного состава [8].

ТС НИОД представляет собой мелкодисперсную многокомпонентную сухую смесь, которая предназначена для изменения свойств рабочих поверхностей, в частности, снижения коэффициента трения, в процессе направленной ионной диффузии, давшее название составу НИОД, под воздействием контактных нагрузок. В отличие от лубрикации, рассматриваемый триботехнический состав после обработки не требует присутствия в паре трения.

Для проведения эксплуатационных испытаний на линии авторами разработана технология нанесения ТС НИОД на гребни бандажей колесных пар электроподвижного состава, апробированная на катковой станции кафедры «Электрическая тяга» УрГУПС. Найден оптимальный способ нанесения наноматериала на гребни – в виде наполнителя для угольных стержней. Определена оптимальная длина стержня – 120 мм, которая позволяет эксплуатировать электровозы и электропоезда до следующей обточки колесных пар без необходимости пополнения состава.

В результате обработки ТС НИОД на начальном этапе на поверхности гребня бандажа образуется стеклокерамическое покрытие, которое снижает коэффициент трения гребня бандажа и рельса. В процессе эксплуатации под действием высоких давлений, возникающих между колесом и рельсом, ТС НИОД внедряется в структуру металла, значительно увеличивая износостойкость гребня.

Разработанная технология обработки гребней ТС НИОД применена в локомотивных депо Свердловск-пассажирский, Свердловск-сортировочный, Пермь-сортировочная, Смычка и Нижний Тагил Свердловской ж.д., Курган и Челябинск Южно-Уральской ж.д. на ряде пассажирских электровозов ЧС2 и ЧС7, грузовых электровозов ВЛ10 и ВЛ11, моторных вагонов электропоездов ЭР1, ЭР2, ЭТ2 и ЭД2Т.

На практике измерения контролируемых параметров оборудования электровозов производят обычно не чаще, чем на ТР-1, а приработка до первого ТР-1 успевает закончиться, поэтому статистические данные о значениях контролируемых параметров не содержат обычно информации о протекании процесса изнашивания в периоде приработки. Кроме то-

го, допуски на значения контролируемых параметров устанавливаются так, чтобы предупредить наступление периода усиленного износа, поэтому наблюдение за износом заканчивается прежде, чем наступает этот период. Вследствие указанных причин, полученные на практике значения контролируемых параметров и эмпирические зависимости $M_y^*(L)$ и $\sigma_y^*(L)$ бандажей от пробега хорошо описываются линейными функциями, то есть, аппроксимирующая функция имеет вид $y = aL + b$.

Значения всех коэффициентов корреляции полученных аналитических зависимостей изменения значений контролируемых параметров бандажей обработанных и необработанных наноматериалом составляют 0,757-0,999, что свидетельствует об адекватности линейной аппроксимации, то есть о достаточно тесной линейной связи контролируемых параметров с величиной пробега L во всех рассматриваемых локомотивных депо Свердловской и Южно-Уральской железных дорог.

Угловые коэффициенты и свободные члены уравнений регрессии контролируемых параметров бандажей, а также остаточные дисперсии в различных депо с применением и без применения ТС НИОД отличаются между собой. Методами теории статистических гипотез [1, 9] выяснено, имеет ли отклонение уравнений регрессий друг от друга только случайный характер. Числовые характеристики законов распределения контролируемых параметров существенно изменяются с увеличением пробега подвижного состава, бандажи колесных пар которых обработаны и необработаны наноматериалом.

Если заменять изношенный бандаж при наработке (пробеге) не превышающей 90%-го ресурса ($p=0,1$), то вероятность отказа бандажа в межремонтном периоде не превысит 10%, а отклонение межремонтного пробега от установленной величины также окажется в пределах $\pm 10\%$, то есть находится в соответствии с относительной погрешностью применяемого в локомотивных депо измерительного инструмента. Поэтому целесообразно ограничить межремонтные пробеги 90%-ым ресурсом [10]. Результаты выполненных расчетов по прогнозированию ресурса бандажей колесных пар электроподвижного состава приведены в таблице.

Таблица – Ресурс бандажей колесных пар электровозов и электропоездов до обточки

Начальная толщина бандажей, мм	90%-ный ресурс бандажей, тыс. км		Увеличение ресурса бандажей, раз
	обработанных наноматериалом	без обработки наноматериалом	
Электровозы серии ЧС2 депо Свердловск-пассажирский			
90	199,1	91,0	2,18
80	154,8	86,1	1,79
70	91,6	60,3	1,52
60	66,8	47,6	1,40
Электровозы серии ЧС7 депо Свердловск-пассажирский			
–	157,2	65,7	2,41
Электропоезда серии ЭР1 и ЭР2 депо Свердловск-пассажирский			
–	158,2	104,9	1,51
Электропоезда серии ЭТ2 депо Свердловск-пассажирский			
–	148,8	72,6	2,05
Электропоезда депо Свердловск-пассажирский			
–	158,2	104,9	1,51
Электропоезда депо Нижний Тагил			
–	125,0	61,1	2,05
Электровозы ВЛ10 депо Курган, Челябинск			
–	86,8	84,9	1,02
Электровозы серии ВЛ11 депо Свердловск-сортировочный			
–	58,0	49,7	1,16
Электровозы серии ВЛ11 депо Пермь-сортировочная			
–	64,2	58,3	1,10
Электровозы серии ВЛ11 депо Смычка			
–	62,0	61,7	1,01

Результаты расчетов свидетельствуют о низком эффекте (от 1,01 до 1,16 раз) увеличения ресурса бандажей грузовых электровозов (ВЛ10 и ВЛ11) от обработки наноматериалом гребней колесных пар, что объясняется наличием гребневых тормозных колодок ТИИР-303

(дет. М659-000), ТИИР-303/ТИИР-300 (У-21-149) Уральского завода АТИ. ТС НИОД не успевает диффундировать в структуру металла на достаточную глубину, образовавшееся при обработке «карандашом» керамическое покрытие разрушается («сдирается») при торможении гребневой колодкой. При периодическом воздействии на гребень бандажа колодкой образуются риски и задиры, термотрещины и выбоины, а при большом тормозном усилии разбивается юз колесных пар, особенно в кривых участках пути при значительных непогашенных ускорениях и обработка наноматериалом становится малоэффективной.

Однако применение ТС НИОД на моторных вагонах электропоездов (ЭР1, ЭР2, ЭТ2 и ЭД2Т) и всех колесных парах пассажирских электровозов (ЧС2 и ЧС7) позволило увеличить ресурс бандажей до обточки от 1,4 до 2,41 раз. Установлено, что чем толще бандаж электровозов ЧС2, тем эффективнее обработка гребней наноматериалом.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1 Разработанные конструкторско-технологические решения по нанесению состава наноматериала на гребни бандажей позволили эксплуатировать электровозы и электропоезда до следующей обточки колесных пар без необходимости пополнения состава.

2 Выявленный относительно низкий эффект увеличения ресурса бандажей грузовых электровозов (ВЛ10 и ВЛ11) от обработки наноматериалом гребней колесных пар объясняется наличием на них гребневых тормозных колодок.

3 Применение наноматериала на электропоездах (ЭР1, ЭР2, ЭТ2 и ЭД2Т) и пассажирских электровозов (ЧС2 и ЧС7) позволило увеличить ресурс бандажей до обточки от 1,4 до 2,41 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Буйносов, А.П. Анализ износа бандажей / А.В. Горский, А.П. Буйносов // Ж.-д. трансп. -1991. -№1. -С. 46-47.
 2 Буйносов, А.П. Снизить интенсивность износа гребней / А.П. Буйносов // Локомотив. -1995. -№6. -С. 31-32.
 3 Буйносов, А.П. Обеспечения эффективного смазывания бандажей локомотивов / А.П. Буйносов, С.А. Дибров // Ж.-д. трансп. -1994. -№11. -С. 60-61.
 4 Буйносов, А.П. Оценка применяемых материалов бандажей колесных пар и рельсов / А.П. Буйносов // Тяжелое машиностроение. -2000. -№11. -С. 16-20.
 5 Экономичная обточка / А.В. Горский, А.П. Буйносов, В.С. Наговицын, В.С. Клинский // Локомотив. -1992. -№4. -С. 26-27.
 6 Буйносов, А.П. Повышение ресурса бандажей колесных пар электровозов в результате изменения технологии их обточки / А.П. Буйносов // Автоматизация и соврем. технологии. -1992. -№8. -С. 23-25.
 7 Буйносов, А.П. Влияние условий эксплуатации на износ бандажей / А.П. Буйносов // Локомотив. -1995. -№1. -С. 33-34.
 8 Буйносов, А.П. Обработка бандажей составом НИОД / А.П. Буйносов, К.А. Кузьмин // Локомотив. -1996. -№3. -С. 25-26.
 9 Буйносов, А.П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения / А.П. Буйносов. -Екатеринбург: УрГУПС, 2009. -224 с.
 10 Бандажи и рельсы (опыт Свердловской дороги) / А.В. Горский, А.П. Буйносов, Г.С. Боярских, В.А. Лавров // Локомотив. -1992. -№4. -С. 25-26.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электровоз, электропоезд, колесная пара, бандаж, наноматериал, обработка, ресурс, повышение

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Буйносов Александр Петрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «УрГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, ФГБОУ ВПО «УрГУПС»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»

Д.К. Глазюк

THEORETICAL MODEL OF DEVELOPMENT OF EMERGENCIES SHIP DIESEL ENGINE «Far East state technical fisheries university»

D.K. Glazyk

Major factors influencing on a reliability and trouble-free operation of Ship Diesel Engine are considered. The plan-scheme of development/elimination of an emergency is developed. Analyses of real accident with using developed schemes is given.

Keywords: emergency situation, person-operator, human factor

Приведены основные факторы оказывающие влияние на состояние надёжности и безаварийность судовых энергетических установок (СЭУ). Разработана план-схема развития/устранения аварийной ситуации. Приведён анализ реальной аварии с использованием разработанных схем.

В условиях рыночной экономики и жёсткой конкуренции обеспечение рентабельности

работы судов регионов страны приобретает особую важность и актуальность. В значительной степени эффективность работы судов зависит от совершенства технической эксплуатации (ТЭ) энергетической установки (ЭУ), а так же производительности обслуживающего персонала по структуре инженерной психологии (психология труда). Главные судовые двигатели являются основным агрегатом судовой энергетической установки (СЭУ). От их работоспособности во многом зависят технико-эксплуатационные качества судна, безопасность плавания, а так же надёжность работы ЭУ в целом [2].

На безаварийную работу СЭУ оказывают влияние многие факторы, в частности: человеческий фактор, форс-мажорные обстоятельства, квалификация. Повышая один фактор и снижая другой, можно приблизить к нулю ситуации, приводящие к аварийности. На форс-мажорные обстоятельства объективно повлиять невозможно, но на остальные возможно и необходимо влиять.

Первостепенно, влияние на надёжность СЭУ, оказывают отказы.

Отказы объектов могут быть разных видов и классифицируются сочетанием различных признаков, приведены в таблице 1, также характеризуя возможность сложности их выявления и предотвращения [1].

Таблица 1 – Классификация отказов

Признаки отказа	Вид отказа	Характеристика отказа
Характер изменения параметра до момента возникновения отказа	Внезапный	Скачкообразное изменение значений одного или нескольких параметров
	Постепенный	Постепенное изменение значений одного или нескольких параметров за счёт медленного постепенного ухудшения качества
Связь с отказами других элементов (узлов, устройств)	Независимый (первичный)	Отказ не обусловлен повреждениями или отклонениями других элементов
	Зависимый (вторичный)	Отказ обусловлен повреждениями или отклонениями других элементов
Возможность использования элемента после отказа	Полный	Полная потеря работоспособности, исключающая использование ТС по назначению
	Частичный	Дальнейшее использование системы возможно, но с меньшей эффективностью
Характер проявления отказа	Сбой	Самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности
	Периодический	Множественно возникающий сбой одного и того же характера, связанный с обратными случайными изменениями режимов работы и параметров устройства
	Устойчивый	Отказ устраняемый только в результате проведения восстановительных работ, является следствием необратимых процессов в деталях и материалах
Причина возникновения	Конструкционный	Возникает вследствие нарушения установленных норм и правил конструирования
	Производственный	В результате нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления или ремонта
	Эксплуатационный	Возникает вследствие нарушения установленных правил и условий эксплуатации
Время возникновения отказа	Период приработки	Обусловлен скрытыми производственными дефектами, не выявленными в процессе контроля, либо грубейшими ошибками условий эксплуатации
	Период нормальной эксплуатации	Обусловлен несовершенством конструкции, скрытыми производственными дефектами, эксплуатационными нагрузками
	Период старения	Обусловлен процессами старения и износа материалов и элементов
Возможности обнаружения отказа	Очевидные	Обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования
	Скрытые	Не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики

На основании проведённых экспериментов на тренажёрных комплексах, автором работы, было сделано заключение, что не все виды отказов и предшествующие им поведения механизмов СЭУ воспринимаются человеком-оператором одинаково объективно. Существует сложность их выявления и предотвращения, свойственная каждому человеку-оператору. Свойства нервной системы, комплекс личностных качеств и квалификация человека-оператора - объективизм во взаимодействии с нормальной работой и всеми следствиями в нарушении работоспособности СЭУ [3].

Вследствие опыта эксплуатации был выявлен и описан план развития/устранения аварийной ситуации, указанный на рисунок 1 и 2. «этапы состояния СЭУ» и «развитие и предотвращение аварийной ситуации».

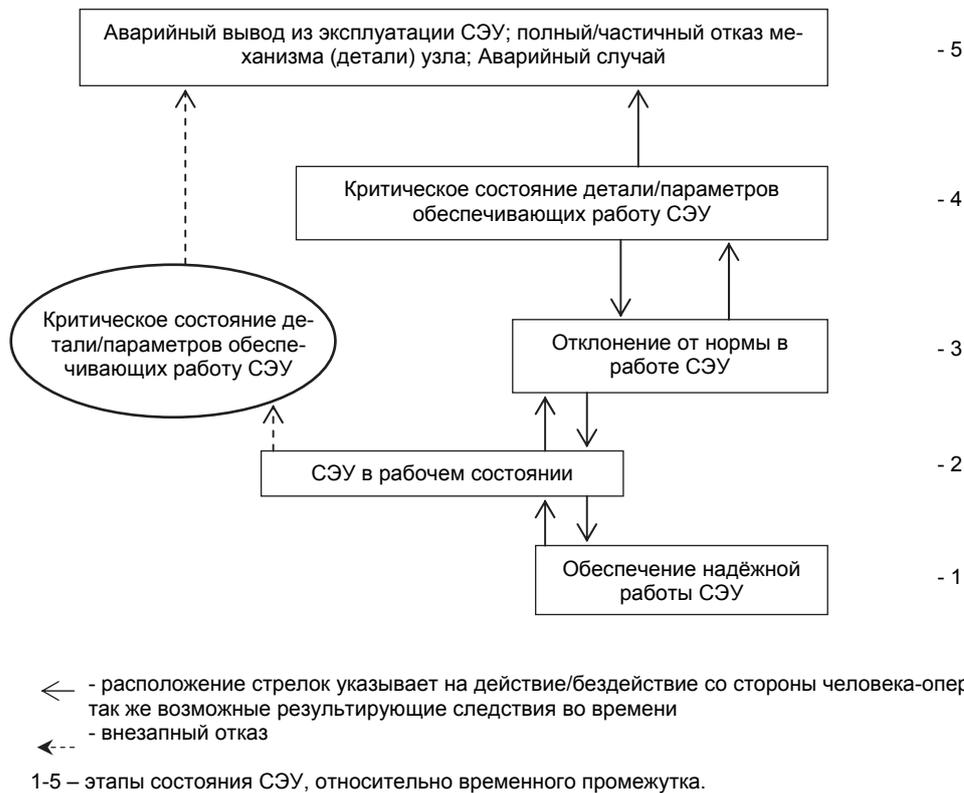


Рисунок 1 – Этапы состояния СЭУ: Д-действие/бездействие; Р-результат (реакция) на действие/бездействие; Т-время; 1-5-Этапы состояния СЭУ, относительно временного промежутка

На рисунке 1 изображено пять этапов состояния СЭУ, относительно временного интервала.

1 СЭУ в рабочем состоянии – способность СЭУ, в данный интервал времени, выполнять требуемые функции (работоспособное состояние СЭУ).

2 Обеспечение надёжной работы СЭУ – выполнение должностных инструкций вахтенной службой, адекватная (своевременная) реакция на вариативность параметров и поведения СЭУ.

3 Отклонение от нормы в работе СЭУ – следствие влияния факторов на работу СЭУ.

4 Критическое состояние детали/параметров обеспечивающих работу СЭУ – предельно-допустимые параметры узла/системы, обуславливающий скорый отказ детали/узла (неисправное состояние СЭУ).

5 Аварийный вывод из эксплуатации СЭУ; полный/частичный отказ механизма (детали) узла; аварийная ситуация, работа сверх предельно-допустимых параметров узла/системы с последующим отказом/разрушением механизма (детали), либо аварийной остановкой СЭУ, а также возможность дальнейшей эксплуатации с ограничениями /без ограничений.

Исходя из этой схемы, аварийная ситуация протекает с увеличением её сложности и необратимости, где один-два – этапы эксплуатации при нормальных условиях и должном внимании, четвёртый этап может стать необратимым. Прерывистой линией отмечен внезапный отказ, всё остальное относится к постепенным отказам. Направлением стрелок указан-

но действие/бездействие вахтенной службы во времени, а также результат (реакция) СЭУ во времени, на совершаемые над нею действиями/бездействиями и возможности/невозможности обратимости этапов.

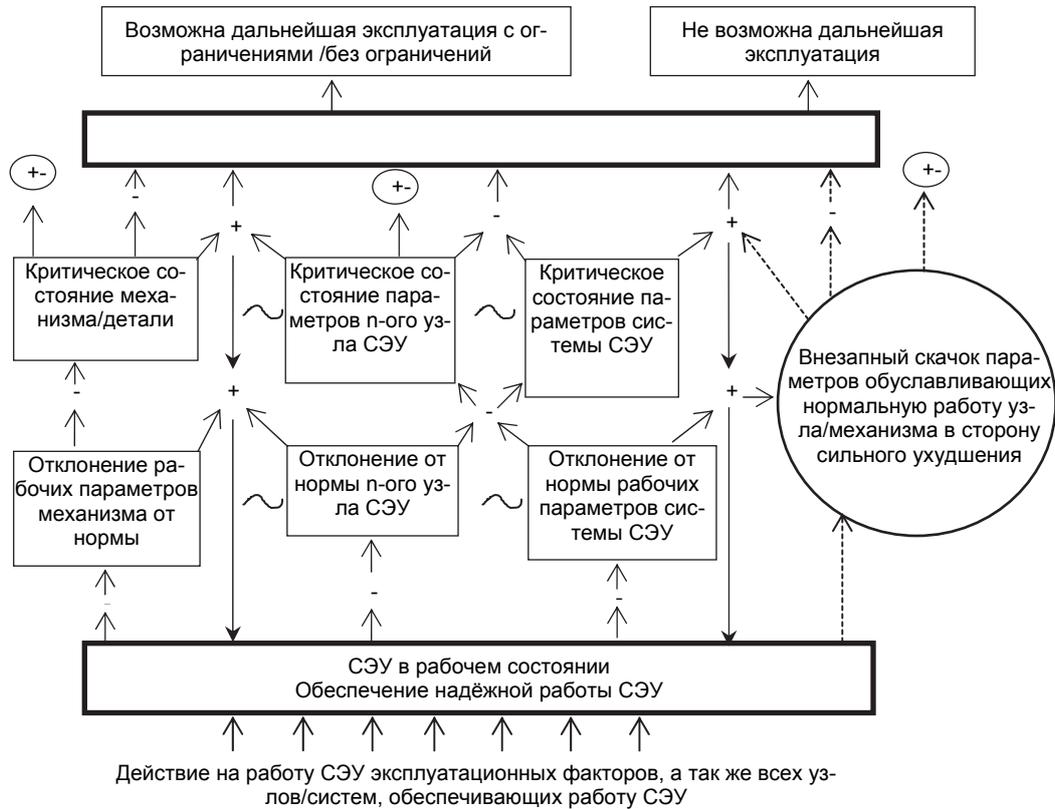


Рисунок 2 – Развитие и предотвращение аварийной ситуации

На рисунке 2 отображено взаимодействие факторов, влияющих на состояние СЭУ, с действиями либо бездействием вахтенной службы относительно времени и соответственно результирующая последовательность события, отрицательная либо положительная. Также на рисунке 2 показана взаимосвязь состояний СЭУ между системами, узлами, механизмами, деталями, отображена возможность обратимости ситуации, соблюдена последовательность в состояниях СЭУ относительно возможных действий/бездействия человека-оператора.

Существует плано-предупредительное обслуживание узлов агрегатов, зависящие от наработки, например технические осмотры (ТО1, ТО2, ТО3 и т.д.), во время выполнения которых, выявляется состояние той или иной детали агрегата (узла) [4]. В этом случае человек-оператор будет обладать достаточной информацией о реальном состоянии детали и о состоянии узла в целом. Такой случай не вовлекает человеческого фактор (ЧФ), если имеет место аварийная ситуация. Ответственность за произошедшую аварию ложится целиком и полностью на квалификацию обслуживающего персонала.

Исключение лишь тот случай, когда человек-оператор потеряв бдительность (по причинам свойственным индивидуальным особенностям человека) за определённой системой/узлом/механизмом СЭУ, своевременно не отреагировал на изменения рабочих параметров (с учётом когнитивных процессов нервной системы и органов чувств, которые опре-

деляют: вибрацию, шум, запах, приборные данные), не построив причинно-следственных связей, допустил развитие аварийной ситуации [3]. При таком сочетании событий фигурирует не только квалификация инженера, но и ЧФ.

Рассмотрим развитие аварийной ситуаций, имевшей место на судне типа «Бухта Русская», используя схемы приведённые на рисунок 1 и 2.

Отказ крышки цилиндра №3 ГД марки ДКРН 42/136. Признаки отказа – постепенный, независимый, частичный, устойчивый, эксплуатационный, в период нормальной эксплуатации, очевидный.

Судно двигалось в район промысла, главный двигатель (ГД) находился во взаимодействии с эксплуатационными факторами. На протяжении продолжительного отрезка времени, происходили смены рабочих режимов ГД (с полной остановки до вывода на номинальный режим). Вахтенной службой велся контроль, за рабочими процессами и параметрами СЭУ, происходили частые перепады температуры охлаждающей жидкости. СЭУ находилось на этапе 3 (рисунок 1). Нарастала напряжённость термическая и циклическая, что вело к изменениям параметров в узлах двигателя (цилиндропоршневая группа, кривошипно-шатунный механизм и др.). В этой ситуации, от объективности действий (человеческий фактор, квалификация) обслуживающего персонала зависело, перейдет ли СЭУ на новый этап состояния, либо удастся вернуть СЭУ в рабочее состояние, обеспечив его безаварийную работу. Через непродолжительное время температурный параметр (система охлаждения пресной водой) охлаждающей воды на выходе из цилиндра №3 отклонился от остальных в сторону увеличения. Температурный параметр всё ещё оставался в пределах допустимого, но уже был близок к критическому. Также изменилась температура выпускных газов по цилиндрам, что показало изменение теплонапряжённости ЦПГ и крышек цилиндров, а также могло повлиять на эффективность турбокомпрессора. Прошло несколько часов и состояние СЭУ находилось на этапе 4 (рисунок 1) – действия/бездействия вахтенной службы оказались неэффективны, несвоевременны, ошибочны. Отдельные узлы/детали СЭУ, в нашем случае крышка цилиндра №3 работала под воздействием на неё критических нагрузок, рост местных напряжений. На этом этапе даже скорая реакция и верные действия вахтенной службы могли привести к необратимости. В этом случае огромную роль занимало состояние данного изделия – его прочность. В данном случае развились условия для характерного отказа, свищи в корпусе цилиндрической крышки №3 и трещина над посадочным буртом седла выхлопного клапана. Происходила утечка охлаждающей воды в машинное отделение. Сформировалась аварийная ситуация с неисправным но работоспособным состоянием СЭУ, с возможностью дальнейшей эксплуатации, но с ограничениями и жесточайшим контролем (рисунок 2).

Таким образом можно заключить следующее: при развитии аварийной ситуации, с течением времени, параметры и поведение СЭУ становятся менее предсказуемыми, возникает трудность в сборе необходимых данных; ввиду сокращения времени на принятие верного решения, ситуация всё более осложняется. В большинстве случаев к аварии приводят неверные действия либо бездействия обслуживающего персонала, то есть ситуация слишком сложна для оценки и принятия верного решения. Банальное невнимание к температурным параметрам может также привести к аварийным ситуациям и их развитиям.

К критическим ситуациям человек-оператор должен быть подготовлен заранее. Подготовка должна отвечать не только навыкам его квалификации, но и психологической готовности. Также, подготовка даёт возможность выявить, у испытуемого, наличие и уровень необходимого набора качеств, для суммарной оценки последовательности и точности его действий, для разрешения такого рода ситуаций.

С инженерной точки зрения, проще и необходимо устранять первые проявления (симптомы) аварийной ситуации, но как доказывает практика, на первых стадиях развития, её очень сложно выявить. И это главная ошибка, приводящая к огромным финансовым затратам и самое основное – угрозе здоровью и жизни людей.

Задача человека-оператора – выявить возможную аварийную ситуацию на ранних этапах её развития и ликвидировать, либо свести к минимальным последствиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Токарев, А.Н. Основы теории надёжности и диагностики: учеб. пособие для автотрансп. специальностей вузов / А.Н. Токарев; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. -Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. -168 с.

2 Соболенко, А.Н. Теоретические основы безопасной эксплуатации судовых дизелей: монография / А.Н. Соболенко. - Владивосток: Дальнаука, 2001. -278 с.

3 Дмитриева, М.А. Психология труда и инженерная психология: науч. изд. / М.А. Дмитриева, А.А. Крылов, А.И. Нафтельев. -Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. -224 с.

4 Правила технической эксплуатации судовых дизелей: метод. материал / Гос. науч.-исслед. и проект.-конструкт. ин-т по развитию и эксплуатации флота Гипрорыбфлот. -СПб.: [б. и.], 1999. -167 с.: ил.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аварийная ситуация, человек-оператор, человеческий фактор
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Глазюк Дмитрий Константинович, аспирант ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И СТРОЕНИЕ ЧАСТИЦ ДИЗЕЛЬНОЙ САЖИ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.П. Пушнин

THE PECULIARITIES FORMING AND THE DIESEL ENGINES SOOT OF HEAVY FUELS THE PARTICLES STRUCTURE
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.P. Pushnin

The density of spheres particles soot and the electrical resistance of soot two of heavy fuels have been defined. The model of structure the particle of diesel engine soot the heavy fuel has been offer.

Keywords: diesel engine soot, the heavy fuel, model of structure the particle

Определена плотность сферических частиц сажи и электрическое сопротивление сажи двух тяжелых топлив. Предложена модель строения частицы дизельной сажи тяжелого топлива.

В статье [1] предложены две модели строения первичной частицы дизельной сажи дистиллятного топлива: одна при малой, а другая при повышенной зольности сажи. Целью настоящих исследований стало рассмотрение особенностей образования и определение возможной моделей строения первичной частицы дизельной сажи тяжелых топлив.

Исследовалась сажа, полученная при сжигании в дизеле 1Ч8,5/11 двух сортов тяжелого топлива: моторного ДТ и моторного ДМ с кинематической вязкостью при 50 °С соответственно 4,6 и 27,5 мм²/с. Сажесодержание отработавших газов (С) равнялось 1,0-1,1 г/м³, пробы сажи отбирались при помощи мультициклона.

Исследования проводились на основе значений плотности агрегатов вторичных структур сажи сферической формы и величины электрического сопротивления столба сажи. Доля крупных сферических частиц, которые можно исследовать оптико-микроскопическим методом примерно 0,07% от общей массы сажи [1]. В [2] был сделан вывод, что это некоторые значительно выросшие первичные частицы. Методики исследований использовались те же, что и в работе [1].

Результаты определения под микроскопом сравнения МС-51 размеров частиц, осажденных при помощи распыливающе-осаждающего устройства последовательно по времени на препаратификсаторах с №1 по №6, представлены на рисунке 1. Здесь же для сопоставления приведены данные из [1] по саже дизельного летнего топлива, образованной при С = 1,0 г/м³.

На рисунке видно что, в каждом временном промежутке осаждения средние размеры d_{a2} агрегатов вторичных структур сажи сферической формы моторного топлива ДМ меньше, чем моторного топлива ДТ, а последние меньше чем подобные агрегаты дизельного летнего топлива. Следовательно, в порядке повышения плотности при одном и том же сажесодержании отработавших газов сферические частицы сажи можно расположить: частицы дизельного летнего топлива-частицы моторного топлива ДТ-частицы моторного топлива ДМ.

Для сажи дизельного летнего топлива и сажи моторного топлива ДМ в [2] определена плотность ρ_{a2} сферических агрегатов вторичных структур, которая соответственно составила 940 и 1780 кг/м³ (это и плотность первичных частиц сажи). Используя материалы указанного источника, по зависимости, приведенной на рисунке 2, и исходя из среднего диаметр частиц, осевших на препаратификсаторе №1, можно найти соответствующее значение плотности для любой сажи. Для сажи моторного топлива ДТ (при С = 1,0 г/м³) полученное значение плотности первичных частиц сажи 1620 кг/м³.

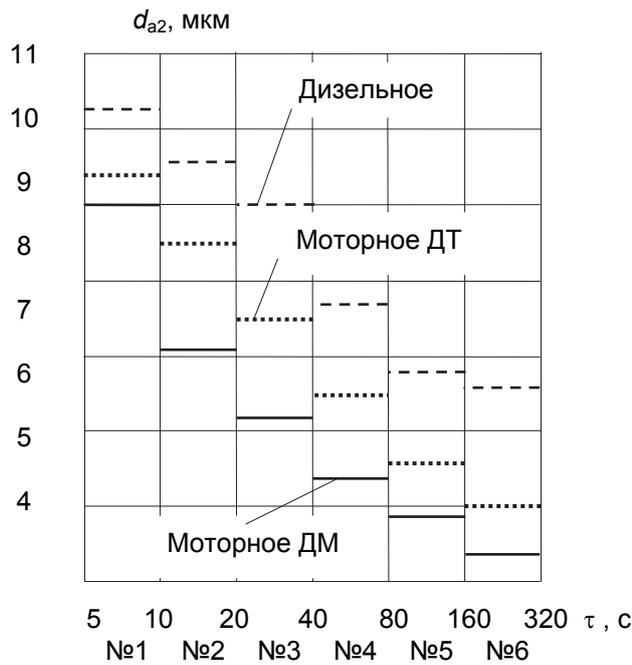


Рисунок 1 – Средний диаметр агрегатов вторичных структур сажи сферической формы тяжелых и дизельного летнего топлив, осевших в промежутки времени, соответствующие отбору на препаратификсаторы от №1 до №6

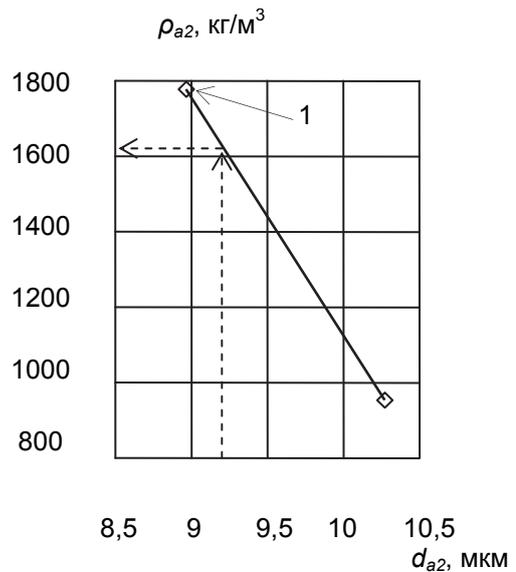


Рисунок 2 – Определение плотности агрегатов вторичных структур сажи сферической формы моторного топлива ДТ по среднему диаметру частиц, осевших на препаратификсаторе №1

Электрическое сопротивление сажи моторного топлива ДТ (рисунок 3) оказалось на порядок ниже, чем моторного топлива ДМ при том же сажесодержании отработавших газов. Для дальнейших выводов по структуре частицы сажи тяжелого топлива удобно свести в одну таблицу данные из [1], настоящего источника и зольности сажи. Зольность сажи (Z_c) моторных топлив определялась по формуле, приведенной в [1] исходя из подсчитанной зольности сажи дизельного летнего топлива при $C = 1,0 \text{ г/м}^3$ и с использованием данных по относительной зольности сажи. Относительная зольность, равная отношению зольности сажи рассматриваемого топлива и дизельного летнего определялась на основе минерального состава сажи, приведенного в работе [3].

Из сопоставления плотности первичных частиц сажи (ρ_c^*) тяжелых

топлив с рентгеновской плотностью технического углерода (истинной плотностью материала, из которого построена сажа), равной согласно [4] $2070\text{-}2110 \text{ кг/м}^3$, можно предположить следующее. В отличие от сажи [1] малозольного топлива сердцевина частиц сажи моторного топлива ДМ не разрежена, а сажи моторного топлива ДТ близка к этому.

Судя по высокому значению удельного электрического сопротивления, у частицы сажи

ρ , Ом·см

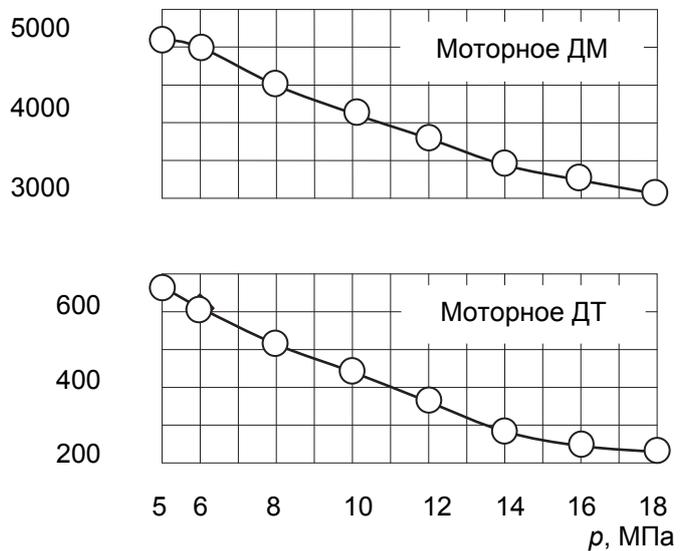


Рисунок 3 – Зависимость удельного электрического сопротивления сажи тяжелых топлив, полученной при сажесодержании отработавших газов $1,0\text{-}1,1 \text{ г/м}^3$ от давления

моторного топлива ДМ нарушена ориентация кристаллитов по поверхности, подобно тому, как и у сажи дизельного топлива при $C = 0,15 \text{ г/м}^3$ [1]. Удельное электрическое сопротивление сажи моторного топлива ДТ ближе к значению у сажи дизельного топлива при $C = 1,0 \text{ г/м}^3$. Тогда в соответствии с [1] можно считать, что положение кристаллитов по поверхности частицы сажи моторного топлива ДТ почти ориентированное. Ориентацию кристаллитов по поверхности согласно [1] нарушают наполнители, входящие в «композиционное вещество на основе углеводорода», коим предложено считать частицу дизельной сажи. Низкие значения зольности сажи моторного топлива ДТ и дизельного топлива при $C = 1,0 \text{ г/м}^3$ свидетельствуют о малом количестве наполнителей и подтверждают вывод по ориентации кристаллитов по поверхности.

Таблица – Характеристики сажи

Вид топлива	C, г/м ³	Характеристики сажи		
		Z _c , %	$\rho_c^y = \rho_{a2}$, кг/м ³	ρ при 18 МПа, Ом·см
Дизельное летнее	1,0	0,6	940	60
	0,15	4,0	1240	1950
Моторное ДТ	1,0	0,7	1620	228
Моторное ДМ	1,0	1,5	1780	2560

В соответствии с таблицей увеличение зольности сажи дизельного летнего топлива вследствие меньшего химического недожога сделало сердцевину частицы менее разреженной, но не привело к ее формированию по типу сажи тяжелого топлива. Следовательно, при формировании частицы сажи важным является соотношение минеральных элементов, в частности, исходя из [5] соотношение ванадия с другими минеральными элементами. Можно предположить, что в период формирования центральной части частицы сажи тяжелых топлив имеются высокоплавкие соединения в твердом состоянии, тормозящие перемещение образующихся кристаллитов.

На рисунке 4 на основании выполненного анализа предложена модель строения первичной частицы дизельной сажи тяжелого топлива. Модель при низкой зольности сажи тяжелого топлива будет отличаться более близким к ориентированному положению расположением кристаллитов по поверхности.

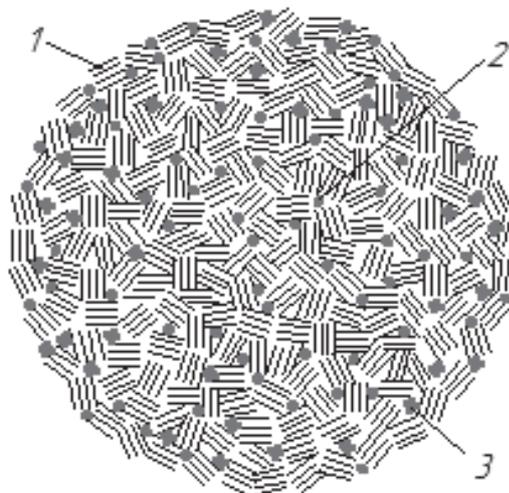


Рисунок 4 – Модель строения первичной частицы дизельной сажи тяжелого топлива с хаотическим расположением кристаллитов в сердцевине и с нарушенной ориентацией кристаллитов по поверхности: 1-кристаллиты; 2-высокоплавкие наполнители, стабилизирующие положение кристаллитов соответствующее моменту их образования; 3-наполнители из основной массы минеральных составляющих

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пушкин, В.П. Зависимость строения частицы сажи малозольного топлива от сажесодержания отработавших газов дизеля / В.П. Пушкин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. - №1. -С. 264-266.
 2 Пушкин, В.П. Определение плотности агрегатов сажи с использованием образцов / В.П. Пушкин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2007. -№2. -С. 133-138.
 3 Пушкин, В.П. Исследование состава сажи выпускных газов дизелей / В.П. Пушкин, В.Д. Сисин // Энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. - Новосибирск, 1991. -С. 34-40.
 4 Печковская, К.А. Сажа как усилитель каучука / К.А. Печковская. -М.: Химия, 1968. -216 с.
 5 Пушкин, В.П. Образование прочной связи между агрегатами дизельной сажи тяжелых топлив / В.П. Пушкин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№1. -С. 141-144.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизельная сажа, тяжелое топливо, модель строения частицы
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Пушкин Валерий Петрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Викулов

THE PHYSICAL PICTURE OF THE FORMATION OF THE LAWS OF DISTRIBUTION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS
«Novosibirsk state academy of water transport»
S.V. Vikulov

Based on the analysis of experimental data The physical conditions of formation of the laws of distribution of diagnostic parameters.

Keywords: marine diesel, maintenance, diagnostics, oil parameters, the laws of distribution

На основе анализа экспериментального материала рассмотрены физические условия формирования законов распределения диагностических параметров.

В разрабатываемых алгоритмах технического диагностирования и прогнозирования судовых дизелей при установлении достоверных нормативов и критериев необходимо знание теоретических законов распределения величин диагностических параметров, выражающих общий характер изменения этих параметров для всех эксплуатируемых дизелей (генеральной совокупности) предприятия.

В виду отсутствия сведений о законах распределения диагностических параметров работающего моторного масла (РММ) в работах [1-3] на широком опытном материале был проведен вероятностно-статистический анализ по установлению таких законов. Аппроксимация величин эмпирических распределений РММ осуществлялась по пяти теоретическим законам: нормальному, логарифмически нормальному, гамма-распределения, показательному и Рэлея. Проверка согласия теоретического и эмпирического распределений осуществлялась по известному критерию Пирсона « χ -квадрат».

Результаты анализа показали, что, за исключением алюминия (элемент-индикатор износа сталеалюминевых подшипников дизелей 6ЧРН36/45), остальные параметры наиболее хорошо согласуются с законом гамма-распределения. Для концентрации алюминия наилучшее согласие получено для логарифмически нормального закона.

В настоящей работе предпринята попытка более детально разобраться в физической картине формирования полученных закономерностей.

Как известно [4], нормальный закон (закон Гаусса)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right], \quad (1)$$

где \bar{x} , σ – соответственно математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение распределения случайной величины x

Математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение распределения случайной величины x , является предельным: при общих условиях к нему приближаются другие законы распределения. Так, в соответствии с центральной предельной теоремой, сумма большого числа независимых (или слабо зависимых) случайных величин, каждая из которых вносит небольшой вклад в эту сумму, хорошо согласуется с нормальным законом. Это так называемая схема накапливающихся повреждений.

Рассмотрим теперь схему мгновенных повреждений, которые формируют показательное распределение

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x), \quad (2)$$

где λ – параметр показательного закона (например, в теории надежности имеет смысл интенсивности отказов)

$$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}.$$

В дифференциальной диагностике (дихотомии) множество всех состояний объекта $\{D\}$ разделяют на два подмножества: исправного $\{D_1\}$ и неисправного (дефектного) $\{D_2\}$. Рассмотрим, например, подмножество $\{D_1\}$.

Возьмем на оси какого-либо параметра x интервал Δx от точки x_1 до точки x_2 и найдем условную вероятность $P(\Delta x / D_1)$ исправного состояния при условии его наличия до точки x_1 . Так как вероятность произведения основного события и условия есть вероятность исправного состояния до точки x_2 , то

$$P(\Delta x / D_1) = \frac{P(x_2)}{P(x_1)} = \frac{\exp(-\lambda x_2)}{\exp(-\lambda x_1)} = \exp(-\lambda \Delta x), \quad (3)$$

то есть условная вероятность оказывается безусловной.

Из выражения (3) следует, что найденная вероятность не зависит от выбора точек, а зависит лишь от величины интервала. Следовательно, надежность объекта зависит от его работы в будущем и не зависит от того, сколько он проработал в прошлом.

В общем случае зависимость износа I трущихся деталей от времени t , показанная на рисунке, характеризуется тремя периодами эксплуатации: I-период приработки, II-период нормальной работы и III-период интенсивного износа.

В период приработки выявляются наиболее грубые ошибки, допущенные при проектировании, изготовлении, скрытые дефекты и т.д. Этот период занимает небольшую долю времени эксплуатации. Период нормальной работы характеризуется постоянным значением интенсивности износа и занимает большую долю времени эксплуатации. Здесь справедлив показательный закон надежности. В период интенсивного износа интенсивность отказов растет вследствие прогрессирующего износа. Этот период также непродолжительный.

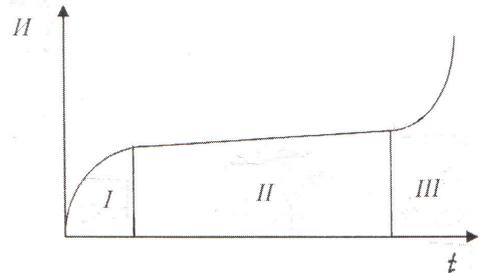


Рисунок – Типовая диаграмма износа

Все изложенное выше свидетельствует, что показательный закон надежности часто оказывается справедливым в практике эксплуатации судовых энергетических установок применительно к отдельным ее элементам [4].

Рассмотрим теперь гамма-распределение. Пусть некоторая система состоит из r элементов (например, совокупность контролируемых дизелей), при этом система работоспособна, пока исправен хотя бы один элемент системы. Тогда плотность распределения параметра $f(x)$ представляет собой свертку плотностей соответствующих распределений применительно к элементам системы

$$f(x) = [f_i(x)]^{r*} = f_1(x) * [f_1(x)]^{(r-1)*} = [f_1(x)]^{2*} * [f_1(x)]^{(r-2)*} = \dots, \quad (4)$$

где
$$[f_1(x)]^{2*} = [f_1(x)] * [f_1(x)] = \int_0^{\infty} f_1(y) f_1(x-y) dy.$$

Если величина x каждого из элементов распределена показательно с параметром λ , то

$$[f_i(x)]^{2*} = \lambda^2 \int_0^{\infty} \exp(-\lambda y) \cdot \exp[-(x-y)\lambda] dy = \lambda^2 x \exp(-\lambda x). \quad (5)$$

Аналогично

$$[f_i(x)]^{3*} = \frac{\lambda^3 x^2}{2} \exp(-\lambda x), \quad (6)$$

и по индукции

$$f(x) = [f_1(x)]^{r*} = \frac{\lambda^r}{\Gamma(r)} x^{(r-1)} \exp(-\lambda x), \quad (7)$$

то есть получено гамма-распределение. Здесь λ -параметр масштаба, r -параметр формы, $\Gamma(r)$ -гамма-функция Эйлера.

Из изложенного следует вывод о том, что если показательный закон справедлив для каждого из элементов резервированной системы, то он не действует в масштабе системы в целом. Таким образом, если рассматривать стохастический процесс элементарных повреждений, то при достаточно большом числе таких повреждений наступает отказ элемента. Отсюда становится понятным, почему время работы до отказа по параметрам, связанным с механическим износом [2], а также распределение диагностических параметров РММ [1, 3]

наиболее хорошо согласуется с гамма-распределением. С ростом числа элементарных повреждений (например, процесс общей коррозии) гамма-распределение становится близким к нормальному.

Следовательно, гамма-распределение является естественным обобщением схемы мгновенных повреждений. Оно возникает в тех случаях, когда выполнены следующие условия:

- качество элементов однородно;
- нагрузка в процессе эксплуатации изменяется в достаточно широких пределах;
- период приработки занимает небольшую часть времени эксплуатации.

Как показали наши исследования [1-3], эти условия в практике эксплуатации контролируемых дизелей соблюдаются.

Обратимся теперь к физической картине условий формирования логарифмически нормального распределения

$$f(x) = \frac{1}{\beta x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\beta^2} \right], \quad (8)$$

где α, β – соответственно математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение логарифмов случайной величины x .

Рассмотрим случай возникновения в работающем элементе усталостной трещины. Фиксируем некоторые моменты времени $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ и обозначим через $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ размеры трещины в эти моменты времени. Предполагаем, что элемент отказывает, когда трещина достигнет размера x_n , и что увеличение трещины на промежутке (t_{i-1}, t_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ пропорциональна уже достигнутому за предыдущее время размеру трещины x_{i-1} , то есть

$$x_i - x_{i-1} = \delta_i x_{i-1}, \quad (9)$$

где δ_i – независимые положительные случайные величины с произвольными законами распределения.

Обозначим через x_0 начальный размер трещины в элементе (нарушение структуры, пустоты, инородные включения т.п.).

В соответствии с (9) можно записать

$$x_n = (1 + \delta_n) x_{n-1} = (1 + \delta_n)(1 + \delta_{n-1}) \dots (1 + \delta_1) x_0. \quad (10)$$

Таким образом, величина x_n получена в виде произведения независимых случайных величин и, следовательно, логарифм x_n равен сумме логарифмов сомножителей. Тогда, согласно центральной предельной теореме, $\ln x_n$ имеет асимптотически нормальное распределение, то есть величина x_n распределена по логарифмически нормальному закону с плотностью (8).

Теперь становится очевидным, почему для сталеалюминевых подшипников коленчатого вала дизеля концентрация алюминия распределена по логарифмически нормальному закону: решающая роль в формировании этого закона здесь принадлежит усталостному характеру процесса изнашивания.

Таким образом, полученные результаты позволяют не только решать задачи диагностирования и прогнозирования, но и обоснованно судить о физической природе процессов изнашивания объектов различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Викулов, С.В. К вопросу об определении предельно допустимых значений диагностических параметров на основе спектрального анализа работающего масла / С.В. Викулов // Труды НИИВТ. -Новосибирск, 1981. -Вып.158: Судовые энергетические установки. -С. 26-32.
- 2 Викулов, С.В. Влияние нагрузки на ресурс двигателя 12ЧСН18/20 / С.В. Викулов, Л.П. Акимов // Совершенствование технической эксплуатации СЭУ и исследование процессов в судовых дизелях: сб. науч. тр. / Новосибир. ин-т инженеров вод. трансп. -Новосибирск, 1986. -С. 135-138.
- 3 Викулов, С.В. Прогнозирование остаточного ресурса деталей ЦПГ высокооборотных судовых дизелей по комплексу параметров смазочного масла / С.В. Викулов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№2. -С. 170–173.
- 4 Смирнов, О.Р. Надежность судовых энергетических установок / О.Р. Смирнов, Ф.Л. Юдицкий. -Л.: Судостроение, 1974. - 280 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *судовой дизель, техническое состояние, диагностирование, параметры масла, законы распределения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Викулов Станислав Викторович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ДЛЯ СТЕРЖНЯ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

О.В. Щербакова, А.М. Барановский

DETERMINATION OF THE ABSORPTION COEFFICIENT FOR THE ROD

«Novosibirsk state academy of water transport»

O.V. Shcherbakova, A.M. Baranovskij

The article is devoted to determination of losses by bending the rod. The solution allows you to define the main characteristics of the friction of the material: the absorption coefficient.

Keywords: the absorption coefficient, the work of forces of friction, the elastic energy, power dissipation

Рассмотрена и решена задача определение потерь при скручивании стержня. Решение позволяет определить основную характеристику трения в материале: коэффициент поглощения.

Как известно, [1] при циклическом деформировании реального твердого тела обнаруживается несовпадение зависимостей между усилием P и деформацией S при нагрузке и разгрузке (рисунок 1), свидетельствующие о неупругом характере деформирования реальных материалов. Гистерезис показывает, что материалом тела необратимо поглощается часть работы внешних сил, которая переходит в тепловую энергию и потом рассеивается. Таким образом, рассеивание энергии в материале обуславливается его упругими несовершенствами и проявляется в образование некоторой петли гистерезиса при циклическом деформировании.

На практике свойство материала рассеивать энергию при циклическом деформировании обычно оценивается с точки зрения его способности демпфировать резонансные колебания упругой системы. При вынужденных колебаниях с частотой возмущения, равной частоте собственных колебаний при данном уровне возмущающихся сил полностью определяется демпфирующими свойствами колебательной системы и, в частности, гистерезисными потерями в материале упругого элемента рассматриваемой системы.

Независимо от природы источников энергетических потерь характеристикой демпфирующих свойств упругой системы считается относительное рассеивание энергии Ψ , под которым понимают отношение рассеянной энергии ΔW за цикл установившихся колебаний к амплитудному значению потенциальной энергии W упругой системы

$$\Psi = \frac{\Delta W}{W} \tag{1}$$

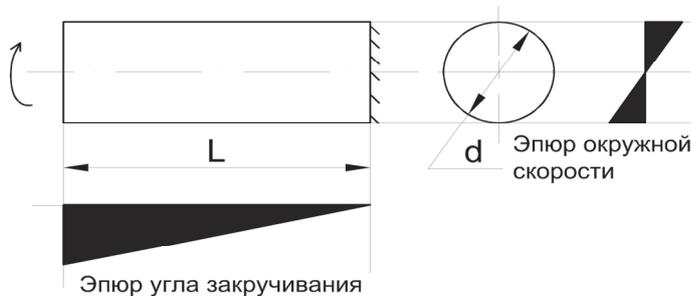


Рисунок 2 – Эпюр угла закручивания и окружной скорости стержня

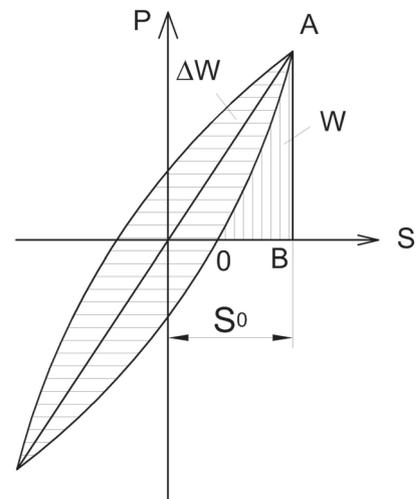


Рисунок 1 – Зависимость между усилием и деформацией за цикл нагружения

Относительное рассеивание энергии Ψ , выражаемое отношением (1) называют коэффициентом рассеивания [1, 2].

Рассмотрим базовую задачу определения потерь в круглом брусе при скручивании. Если предположить, что трение в материале пропорционально деформации, то решение уравнений динамики сводится к известным из теории колебаний задачам с пропорциональ-

ным трением. Основной характеристикой трения в материале является коэффициент поглощения. Если скручивать стержень (рисунок 2) на определенный угол с определенной частотой, то отношение вязких потерь W (работа сил трения) к наибольшей упругой энергии U

(амплитудное значение потенциальной энергии) будет равно коэффициенту поглощения

$$\Psi = \frac{W}{U}. \quad (2)$$

Зададим значение угловой амплитуды колебаний

$$A = \frac{M \cdot L}{G \cdot I^p}, \quad (3)$$

где M – крутящий момент;

L – длина стержня;

G – модуль сдвига;

I^p – полярный момент инерции.

Амплитудное значение потенциальной энергии, запасаемой в стержне, может быть определено следующим образом

$$U = \frac{1}{2} M \cdot A = \frac{M^2 \cdot L}{2G \cdot I^p}. \quad (4)$$

Или $M = \frac{A \cdot G \cdot I^p}{L}$ тогда формула (4) примет вид

$$U = \frac{A^2 \cdot G \cdot I^p}{2L}. \quad (5)$$

При закручивании стержня происходит внутреннее движение частиц со скоростью V и рассеивание работы, возникающей при движении этих частиц. Сила вязкого трения F , препятствующая их перемещению, будет характеризоваться коэффициентом вязкости μ .

$$\mu = \frac{F \cdot h}{V \cdot S}, \quad (6)$$

где h – расстояние между плоскостями;

S – площадь.

Вязкие потери за цикл колебаний определим через внешний момент T сил трения в сечении. Допустим, что материал сопротивляется деформации сдвига с касательным напряжением, тогда напряжение трения равно

$$\tau = \frac{dV \cdot \mu}{dr} = \mu \frac{dV}{dr}. \quad (7)$$

Поскольку момент трения постоянен по всему сечению, то можно найти внешний момент не только на участке сечения dr , но и по всей площади сечения как

$$dT = \tau \cdot 2\pi \cdot r^2 \cdot dr. \quad (8)$$

Проинтегрируем формулу (8) по радиусу сечения r

$$T = \int_0^r dT = \int_0^r \tau \cdot 2\pi \cdot r^2 dr = \frac{2\pi \cdot \tau \cdot r^3}{3}. \quad (9)$$

Итак, момент трения равен

$$T = \frac{2\pi \cdot \tau \cdot r^3}{3} = \frac{2\pi \cdot \mu \cdot \text{grad}V \cdot r^3}{3}. \quad (10)$$

Зададим градиент скорости, как функцию от скорости вращения сечения ω , $\text{grad}V = f(\omega)$.

Тогда уравнение движения стержня примет вид

$$\varphi = A \cdot \sin \lambda t, \quad (11)$$

где λ – частота колебаний стержня.

Уравнение скорости движения стержня определится как

$$\dot{\varphi} = A \cdot \lambda \cdot \cos \lambda t. \quad (12)$$

Скорость V на поверхности стержня с радиусом r

$$V = \dot{\varphi} \cdot r; \quad \text{grad}V = \dot{\varphi}. \quad (13)$$

Подставив значения (12), (13) в формулу (10), окончательно получим момент трения в сечении стержня

$$T = \frac{2\pi \cdot \mu \cdot r^3}{3} \dot{\varphi} = \frac{2\pi \cdot \mu \cdot r^3}{3} A \cdot \lambda \cdot \cos \lambda t. \quad (14)$$

Дифференциал работы момента трения равен $dW = T(\varphi)d\varphi$, а сам момент от

функции φ

$$T(\varphi) = \frac{2\pi}{3} \mu \cdot r^3 \cdot A \cdot \lambda \cdot \cos \varphi. \quad (15)$$

Рассмотрим работу сил трения \bar{W} за четверть цикла

$$\bar{W} = \int_0^{\pi/2} dW = \int_0^{\pi/2} \frac{2\pi}{3} \mu \cdot r^3 \cdot A \cdot \lambda \cdot \cos \varphi d\varphi = -\frac{2\pi}{3} \mu \cdot r^3 \cdot A \cdot \lambda. \quad (16)$$

Поскольку направление силы трения всегда противоположно действующей силе, поэтому работа сил трения \bar{W} получилась отрицательной, но для дальнейшего исследования, допускается брать значение по модулю, то есть положительное.

Полная работа трения за цикл

$$W = \frac{8\pi}{3} \mu \cdot r^3 \cdot A \cdot \lambda. \quad (17)$$

Коэффициент поглощения для стержня по формуле (2) равен

$$\Psi = \frac{8\pi \cdot \mu \cdot r^3 \cdot A \cdot \lambda \cdot 2L}{3 \cdot A^2 \cdot G \cdot I^p} = \frac{32 \cdot \mu \cdot \lambda \cdot L}{3 \cdot A \cdot G \cdot r}. \quad (18)$$

Определение коэффициента поглощения стержня необходимо для оценки демпфирующих свойств материала: чем больше коэффициент поглощения, тем лучше способность материала гасить резонансные колебания упругой среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Писаренко, Г.С. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов / Г.С. Писаренко. -Киев: Наукова думка, 1971. -376 с.
2 Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]. -Киев: Вища шк.,1986. -775 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент поглощения, работа сил трения, упругая энергия, рассеивание энергии
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: ЩербакOVA Ольга Валерьевна, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Барановский Александр Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ СУДОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Л.К. Арабян, Е.А. Григорьев

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGY OF RESTORATION AND STRENGTHENING OF ELEMENTS OF PROPULSION-STEERING COMPLEXES OF VESSELS
«Novosibirsk state academy of water transport»
L.K. Arabyan, E.A. Grigoriev

The article gives an economic assessment of the technology of restoration and strengthening of elements of propulsion-steering complexes of vessels.

Keywords: propeller screw, technology, plasma spray, fuel economy, the cost of transportation

Выполнена экономическая оценка технологии восстановления и упрочнения элементов движительно-рулевых комплексов судов.

При эксплуатации флота особое значение приобретает надежность работы судового движителя, являющегося одним из важнейших элементов судна, определяющих технико-экономические показатели и безопасность плавания судна.

Около 60% буксирного и грузового флота оборудовано движителями в виде комплексов: гребной винт в направляющей насадке. В настоящее время, применяемые на речном флоте винты и насадки изготавливаются, в основном, из обычной углеродистой стали (материал винтов – сталь Ст.25Л, материал насадок – сталь ВСт.Зсп.), имеющей крайне низкую кавитационную, коррозионную и гидроабразивную стойкость. По данным работы [4], винты из углеродистой стали, при эксплуатации на море, полностью разрушаются через 6-18 месяцев. В речных условиях в зависимости от типа судна, а также условий эксплуатации эти сроки колеблются между 9 и 18 месяцами. Инкубационный период для насадок, изготовленных из

низкоуглеродистой стали ВСт.3 СП обычно длится 50-70 ходовых суток. Износ внутреннего цилиндрического кольца составляет за навигацию 0,9-1,3 мм, что за 4-6 навигаций приводит к полной потере выигрыша в КПД от использования насадок.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что материалы, применяемые в настоящее время для изготовления винтов и насадок судов внутреннего плавания, не отвечают требованиям технологичности, износостойкости и ремонтпригодности.

Стоимость замены поврежденных винтов и насадок на новые весьма велика. Так, например средняя стоимость нового гребного винта для буксира-толкача пр. 1741А составляет 150 тыс. руб., для пр. 428 – 250 тыс. руб. Учитывая и относительно их низкий срок службы, целесообразно рассмотреть существующие методы их эффективного восстановления и повышения износостойкости.

Одним из эффективных путей повышения ресурса деталей является нанесение на рабочие поверхности износостойких, жаростойких и других покрытий. Для этих целей используют металлы, сплавы, керамику, порошковые смеси и т.д. Опыт подтверждает, что затраты на восстановление деталей особенно при нанесении защитных покрытий не превышает 40-60% их первоначальной стоимости, а срок службы после восстановления возрастает в 2-5 раз.

В настоящее время среди наиболее распространенных буксиров-толкачей эксплуатируемых судоходными компаниями в Обь-Иртышском бассейне являются буксиры пр. 1741А мощностью 600 л.с., предназначенные для вождения составов и буксировки самоходных судов всех типов.

Ссылаясь на натуральные показатели [1-3], полученные в результате проведенных исследований и эксплуатационных испытаний можно определить экономическую эффективность применения технологии плазменного напыления к комплексу винт-насадка буксира-толкача пр. 1741А. В качестве исходных данных примем срок службы комплекса винт-насадка – два года, после чего кавитационный и гидроабразивный износ лопастей винта и рабочего пояса насадки приводит к существенному снижению его эффективности. Определим экономическую эффективность по результатам эксплуатационно-экономической оценки. В качестве критерия принимаются показатель себестоимости перевозок, рассчитанный по элементам кругового рейса

$$S = \frac{C_x t_x + C_{xp} t_{xp} + C_{CT} t_{CT} + m' C' t'_{кр}}{\sum G l_e},$$

где S – себестоимость перевозок, руб./т·км;

C_x, C_{xp} –судо-часовой показатель эксплуатационных расходов по буксиру на ходу при работе двигателя на полных оборотах и сниженных, соответственно, руб./суд.·ч;

t_x, t_{xp} – ходовое время при работе двигателя на полных оборотах и сниженных, соответственно, ч;

C_{CT} – судо-часовой показатель эксплуатационных расходов буксира на стоянке, руб./суд.·ч;

t_{CT} – продолжительность стоянки буксира, ч;

m' – число самоходных судов в составе, ед.;

$t'_{кр}$ – продолжительность кругового рейса тоннажа, ч;

$\sum G l_e$ – грузооборот состава, выполненный за круговой рейс, т·км.

Таким образом, в результате проведенных расчетов, за счет восстановления плазменным напылением комплекса винт-насадка сроком службы два года, себестоимость грузоперевозок судном сократилась на 10,7%, при этом срок службы комплекса винт-насадка продлевается в 3-4 раза.

Экономия эксплуатационных затрат обеспечивается за счет снижения расхода топлива на 5%, в связи с уменьшением потребляемого движителем крутящего момента, то есть мощности, а также увеличения скорости на 0,5-1,0 км/ч.

Применение данных технологий при восстановлении поверхности комплекса винт-насадка, способствует и экономии затрат на ремонт, за счет продления их срока службы в 3-4 раза, в то время как стоимость их восстановления данным методом в большинстве случаев не превышает 40-50% их первоначальной стоимости [1, 2].

Аналогичным образом можно рассчитать экономическую эффективность плазменного

напыления комплекса винт-насадка и по другим проектам судов. Так, например, для буксира пр. 428, при тех же условиях, себестоимость перевозок сократится на 10,1%.

В настоящее время, в области судоремонта по-прежнему преобладает характер замены старых, изношенных деталей на новые. Несмотря на это, многочисленные исследования и экспериментальные испытания подтверждают как теоретически, так и практически высокую эффективность применения технологии газотермического напыления. В связи с этим, данный технологический процесс восстановления судовых деталей целесообразно внедрять в судоремонтное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Арабьян, Л.К. Технология повышения качества поверхности деталей движительно-рулевого комплекса судов внутреннего плавания: дис. ... канд. техн. наук / Л.К. Арабьян. -Л., 1984. -219 с.
- 2 Арабьян, Л.К. Комплекс винт-насадка: эксперимент и выводы / Л.К. Арабьян // Реч. трансп. -1987. -№4. -С. 33-34.
- 3 Плазменное упрочнение гребных винтов / Л.К. Арабьян, А.И. Бекетов, Н.Ф. Голубев, И. Гельтман // Реч. трансп. -1982. - №3.
- 4 Кацман, Ф.М. Пропульсивные качества морских судов / Ф.М. Кацман, А.Ф. Пустотный, В.М. Штумпф. -Л.: Судостроение, 1972. -510 с.
- 5 Коган, Я.Д. Перспективы развития технологий поверхностного упрочнения материалов, деталей машин и инструмента / Я.Д. Коган // Металловедение и термич. обработка металлов. -1993. -№5. -С. 5-9.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *гребной винт, технология, плазменное напыление, экономия топлива, себестоимость перевозок*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Арабьян Левон Каралетович, канд. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Григорьев Евгений Алексеевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.И. Ришко

RESEARCH OF EFFICIENCY OF THE DISTRIBUTED VIBRATION ISOLATORS

«Novosibirsk state academy of water transport»

Yu.I. Rishko

The questions of efficiency antivibration suspension containing arrays of elastic elements, the expansion of effective bandwidth, as well as factors affecting the dynamic forces transmitted to the object vibration protection.

Keywords: vibration isolators, structural noise, vibration, vibroprotection, suspension, vibration protection reliance, ship vibration

Освещены вопросы повышения эффективности виброизолирующих подвесок, содержащих массивы упругих элементов, возможности расширения эффективного диапазона частот, а также факторы, влияющие на динамические силы, передающиеся на объект виброзащиты.

В ряде работ [1, 2] приводятся исследования весьма интересных виброизолирующих опор, обладающих достаточной жесткостью, притом парадоксально эффективных, особенно в зоне высоких частот (выше 90 Гц). Значительным преимуществом таких устройств является цельнометаллическая конструкция, что выгодно выделяет их из ряда резинометаллических и резиновых виброизоляторов. Однако, приведенные факторы, влияющие на эффективность таких подвесок, не кажутся исчерпывающими, что создает сложности с выбором направления для повышения их эффективности. Статья ставит целью дополнить проведенные исследования и определить ключевые направления для улучшения распределенных опор.

Рассмотрим одну из известных конструкций распределенной виброизолирующей опоры, выполненной в виде массива витых цилиндрических пружин между двумя жесткими основаниями (рисунки 1).

В качестве динамической модели для такого устройства в случае предположения абсолютной жесткости оснований можно использовать следующую упруго-массовую схему.

Тогда при одноосных колебаниях вибрирующего объекта (ВО) все упругие элементы жесткостью C синхронно передадут движение на защищаемый объект (ЗО) и массы (m), всех упругих элементов приобретут синхронное и равное ускорение при любых параметрах вибрации. Следовательно, импульсы, со стороны отдельных упругих элементов, действующие на ЗО будут суммироваться. Таким образом, действие распределенных упругих эле-

ментов может быть заменено действием одного упругого элемента соответствующей жесткостью и массой. Отсюда сравнительного повышения эффективности распределенной опоры при использовании любых расчетных методик не следует.

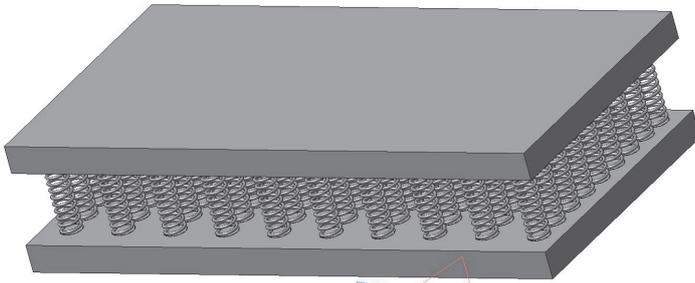


Рисунок 1 – Распределенная виброзащитная опора

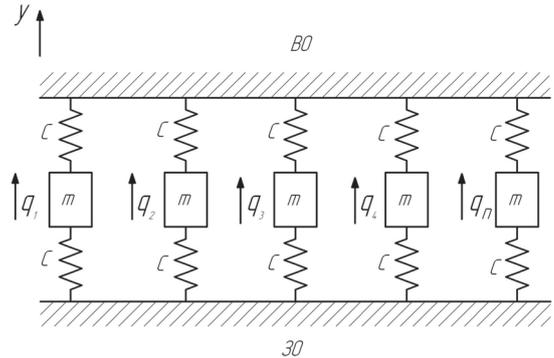


Рисунок 2 – Динамическая модель распределенной опоры

Фактически, не зависимо от конструкции, способов крепления и материалов оснований их жесткость не может быть бесконечно велика, потому более точная динамическая модель должна учитывать упругость оснований. В этом случае картина возбуждения колебаний существенно изменится. К примеру, если закрепить хотя бы одно из оснований распределенной опоры к объекту вибрации в двух крайних точках, получим упругоопертую однопролетную балку некоторой жесткости (рисунок 3).

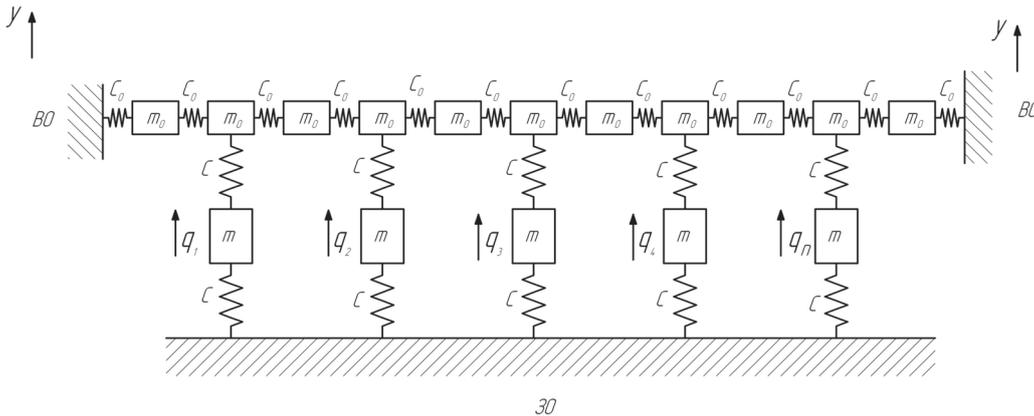


Рисунок 3 – Графическая модель упругой распределенной подвески

Количество точек крепления может быть изменено и зависит от фактического расположения и крепления опор. Упругим может быть как верхнее или нижнее основание, так и оба одновременно.

Уравнения динамики, описывающие данную модель, в случае 11-ти верхних и 5-ти нижних масс, будут выглядеть следующим образом:

$$q''_{01} = \frac{C_0 \cdot (y - q_{01}) + C_0 \cdot (q_{02} - q_{01})}{m_0};$$

$$q''_{02} = \frac{C_0 \cdot (q_{01} - q_{02}) + C_0 \cdot (q_{03} - q_{02}) + C \cdot (q_1 - q_{02})}{m_0};$$

$$q''_{03} = \frac{C_0 \cdot (q_{02} - q_{03}) + C_0 \cdot (q_{04} - q_{03})}{m_0};$$

$$q''_{04} = \frac{C_0 \cdot (q_{03} - q_{04}) + C_0 \cdot (q_{05} - q_{04}) + C \cdot (q_2 - q_{04})}{m_0};$$

$$q''_{05} = \frac{C_0 \cdot (q_{04} - q_{05}) + C_0 \cdot (q_{06} - q_{05})}{m_0};$$

$$q_{06}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{05} - q_{06}) + C_0 \cdot (q_{07} - q_{06}) + C \cdot (q_3 - q_{06})}{m_0};$$

$$q_{07}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{06} - q_{07}) + C_0 \cdot (q_{08} - q_{07})}{m_0};$$

$$q_{08}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{07} - q_{08}) + C_0 \cdot (q_{09} - q_{08}) + C \cdot (q_4 - q_{08})}{m_0};$$

$$q_{09}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{08} - q_{09}) + C_0 \cdot (q_{10} - q_{09})}{m_0};$$

$$q_{10}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{09} - q_{10}) + C_0 \cdot (q_{11} - q_{10}) + C \cdot (q_5 - q_{10})}{m_0};$$

$$q_{11}'' = \frac{C_0 \cdot (q_{10} - q_{11}) + C_0 \cdot (y - q_{11})}{m_0};$$

$$q_1'' = \frac{C \cdot (q_{02} - q_1) + C \cdot q_1}{m};$$

$$q_2'' = \frac{C \cdot (q_{04} - q_2) + C \cdot q_2}{m};$$

$$q_3'' = \frac{C \cdot (q_{06} - q_3) + C \cdot q_3}{m};$$

$$q_4'' = \frac{C \cdot (q_{08} - q_4) + C \cdot q_4}{m};$$

$$q_5'' = \frac{C \cdot (q_{10} - q_5) + C \cdot q_5}{m}.$$

где q_{01}'' , q_{02}'' , ..., q_{11}'' – ускорения масс m_0 (см. рисунок 1 – верхний ряд масс слева направо);
 q_1'' , q_2'' , ..., q_5'' – ускорения масс m (см. рисунок 1);
 q_{01} , q_{02} , ..., q_{11} – перемещения масс m_0 (см. рисунок 1 – верхний ряд масс слева направо);
 q_1 , q_2 , ..., q_5 – перемещения масс m (см. рисунок 1).

Величину реакций на ЗО со стороны отдельных упругих элементов можно определить по следующим формулам:

$$r_1 = C \cdot q_1; r_2 = C \cdot q_2; r_3 = C \cdot q_3; r_4 = C \cdot q_4; r_5 = C \cdot q_5.$$

Суммарная величина динамической силы, передаваемой на защищаемый объект, определится как

$$r = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5.$$

Вышеуказанные уравнения могут быть решены в любой программе, позволяющей работать с дифференциальными уравнениями второго порядка. В нашем случае была использована программа Simnon. Пример решения такой задачи отражен в виде графика представлен на рисунке 3.

Из графика видно, что импульсы, передающиеся с различных пружин подвески (r_1, r_2, r_3, r_4, r_5) не совпа-

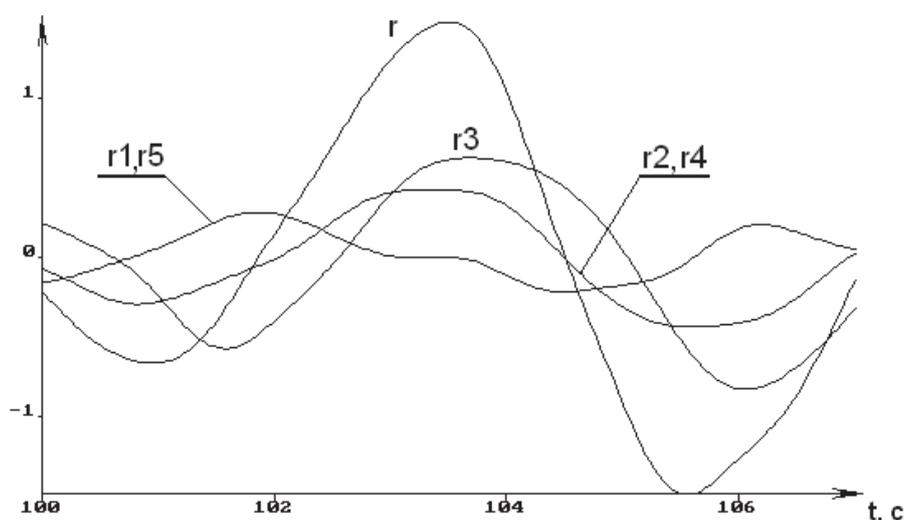


Рисунок 3 – Силы, действующие на ЗО

дают по фазе и суммарная сила r , передающаяся на защищаемый объект оказывается значительно меньшей суммы их абсолютных величин.

Вышеизложенный результат позволяет сделать вывод, что гибкое основание под действием вынужденных колебаний испытывает волновые процессы, что вызывает разнофазовые реакции в отдельных упругих элементах подвески. Понятно, что волновые процессы в упругом основании наиболее ярко выражены непосредственно в резонансе, а также на частотах близких к нему, в дорезонансном диапазоне данный эффект проявляется мало. Этим обстоятельством теоретически может быть объяснена эффективность многопружинных виброзащитных подвесок с весьма жесткими основаниями в области высоких частот.

Таким образом, для повышения эффективности подобных подвесок представляется целесообразным изучать и оптимизировать именно основания, их конструкцию, распределение масс и способы крепления к фундаментам с целью управления параметрами собственных частот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Потянихин, А.Н. Проблемы снижения структурной вибрации речных судов / А.Н. Потянихин, М.К. Романченко, А.М. Барановский // Судостроение. -2009. -№4. -С. 48-49.
 2 Барановский, А.М. Защита корпуса от структурной вибрации / А.М. Барановский, М.А. Федосеева // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 167-169.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *виброизолятор, виброизоляция, структурный шум, вибрация, виброзащита, виброзащитная подвеска, виброзащитная опора, судовая вибрация*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ришко Юрий Иванович канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГРЕССИЙ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПО ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

**ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
 ООО «Мидель»**

С.П. Глушков, С.С. Глушков, О.Б. Лебедев

PERFORMANCE MANAGEMENT OF VIBROPROTECTION
 «Novosibirsk state academy of water transport»
 «Midel'»
 S.P. Glushkov, S.S. Glushkov, O.B. Lebedev

A method for determining the presence, location and severity of defects in the lines of gross energy machines in their dynamic characteristics.

Keywords: power systems, the gross lines, dynamic characteristics

Разработан метод определения наличия, местоположения и степени опасности дефектов в валовых линиях энергетических машин по их динамическим характеристикам

Мониторинг состояния конструкций и идентификация повреждений на самой ранней стадии – проблемы, которые получили наибольшее внимание научного общества. Идентификация повреждений важна для всех областей инженерии, так как расчетные нагрузки или случайные воздействия могут стать причиной повреждений критериальных деталей конструкции. Регулярные осмотры и оценка состояния технических структур делают возможным планирование ремонтных работ и рентабельное управление инфраструктурой. Для машин транспортной и энергетической отраслей обслуживание является еще более актуальной задачей из-за потенциальной опасности не только для обслуживающего персонала, но и для потребителей, ввиду накопления физических, механических и химических повреждений элементов конструкций по мере их эксплуатации.

Эксплуатация конструкций и машин по техническому состоянию требует надежных способов выявления трещин, возникающих в деталях во время эксплуатации. При использовании любых способов неразрушающего контроля нет уверенности, что все возникающие при эксплуатации дефекты, опасные для конструкций, будут обнаружены. К ним относятся дефекты, возникающие на силовых элементах в труднодоступных местах, например на колечком вала в двигателе внутреннего сгорания, которые невозможно обнаружить или можно

пропустить при использовании существующих способах дефектоскопии. Поэтому актуальны исследования для разработки способов диагностики, которая не позволит пропустить дефект, возникающий в конструкции при наработке, особенно, если он опасен. Такую диагностику в работе предлагается проводить способами, основанными на периодическом измерении при наработке таких интегральных характеристик конструкций, как демпфирование, частота и форма собственных колебаний. Эти характеристики определяются для всей конструкции, но существенно изменяются с регрессией критериальных деталей. Для расчета усталостной прочности деталей необходимо иметь диаграммы Хейя или Смита, если материал находится в линейном напряженном состоянии, или Гафа-Поллэрда, если материал испытывает изгиб с кручением. Построение этих диаграмм классическим способом трудоемко, так как нужно испытать до разрушения много образцов. Из-за этого в практике, вместо экспериментальных диаграмм, используют разные способы их аппроксимации, что существенно снижает надежность расчетов. Поэтому актуальны исследования по разработке менее трудоемкого, но надежного экспериментального способа построения диаграмм предельных напряжений для разных долговечностей.

Известно, что усталостное разрушение начинается и происходит в высоконагруженных – опасных местах. Если деталь без дефектов, то установить положение этих мест без разрушения часто невозможно, так как они, например, при ассиметричном цикле нагружения, могут не совпадать с местами, где действуют наибольшие максимальные напряжения. Поэтому актуальны исследования по разработке неразрушающего способа определения опасных мест детали при заданной нагрузке и ее регрессия при эксплуатации.

В настоящее время усталостная долговечность конкретной детали при заданных условиях нагружения оценивается средней долговечностью аналогичных деталей, разрушенных при этих условиях, хотя долговечности даже внешне одинаковых деталей существенно отличаются. Для критериальных деталей в практике нужен не контроль по дефектам, а контроль по долговечности, непосредственно после изготовления или ремонта детали.

Методы, базирующиеся на динамике, являются информативными инструментами для оценки степени повреждений любых типов конструкций, так как они неразрушающие и в состоянии охватить глобальное поведение конструкции.

Исследование напряженно-деформированного состояния в конструкциях энергетических установок позволит:

- Определить механическую деградацию системы.
- Без изменения текущего технического состояния машин и оборудования принять решение о возможности их дальнейшей эксплуатации.
- Использовать базу данных динамических параметров эксплуатируемых машин при новом проектировании.
- Выполнить необходимые предупредительные мероприятия на машинах, где возможно появление аварийной ситуации.
- Избежать простоя машины в связи с непредвиденным отказом.
- Своевременно и комплексно обеспечить поставку требуемых запасных частей и расходных материалов.
- Выявить и реализовать производственные резервы.

Для практической реализации методологии исследования регрессий критериальных деталей энергетических установок по динамическим характеристикам используется следующий алгоритм:

- Изучение конструкторской и эксплуатационной документации;
- Определение уровня нагружения при помощи теоретических расчетов и натурных измерений;
- Обнаружение неисправности;
- Локализация повреждений;
- Оценка технического состояния;
- Определение закона и степени развития повреждений;
- Прогнозирование остаточного ресурса.

Принципы оценки технического состояния критериальных деталей энергетических машин основаны на совместном анализе режимов работы, уровня нагружения и характеристик колебательного процесса. В качестве параметров контроля работоспособности и состояния машины выступают амплитудно-частотные и амплитудно-фазовые характеристики вибрации, которые непосредственным образом связаны с наличием дефектов в материале и кон-

струкции. Естественно, что по мере наработка изменяется техническое состояние машины, а вместе с ним и уровень параметров контроля. Для всестороннего анализа колебательных явлений предлагается производить замеры одновременно в нескольких критериальных точках.

Повреждения и дефекты рассматриваются как отклонения параметров контроля от значений:

- указанных в нормативно-технической и эксплуатационной документации, поставляемой вместе с машиной;
- полученных для заведомо работоспособного образца после периода приработки;
- работоспособных образцов на различных этапах жизненного цикла машины с зарождающимися дефектами;
- вычисленных для дискретной системы;
- лабораторного моделирования дефектов.

Суть предлагаемой методики заключается в расчете колебательного процесса и нахождении критериальных точек для целей определения возмущающих воздействий на конструкцию и фиксации вибрационного сигнала как отклика валовой линии.

Для теоретического подтверждения и идентификации повреждений проводится математическое моделирование крутильных, изгибных и осевых колебаний дискретной системы валовой линии машины. Расчеты собственных частот и амплитуд колебаний первоначально проводятся без учета трения с последующим добавлением параметров внутреннего и конструкционного демпфирования до получения предельного состояния валовой линии с точки зрения прочности.

К преимуществам методологии исследования регрессий критериальных деталей энергетических установок по динамическим характеристикам относятся:

- Сокращение трудоемкости при выполнении операций контроля технического состояния валовых линий.
- Повышение объективности полученного результата.
- Оценка технического состояния машины в целом.
- Использование в качестве критериев динамических характеристик, полученных при работе машины в реальных условиях.
- Измерения динамических характеристик не приводит к изменению технического состояния объекта экспертизы в связи с повторной приработкой деталей, поскольку метод не требует разборки и относится к неразрушающим.

Применение методов вибрационной диагностики позволило своевременно предотвратить разрушение от крутильных колебаний четырех коленчатых валов главных двигателей марки 6NVD26A-3, установленных на теплоходе «РТ-600» проекта 1741А и теплоходе «Плотовод».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глушков, С.С. Определение гармонических амплитуд возмущающих моментов / С.В. Штельмах, С.С. Глушков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№2. -С. 180-181.
- 2 Глушков, С.С. Расчет амплитуд свободных колебаний дискретных многомассовых систем / Л.М. Коврижных, С.С. Глушков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№2. -С. 162-164.
- 3 Глушков, С.С. Прогнозирование остаточного ресурса коленчатых валов / С.П. Глушков, С.В. Штельмах, С.С. Глушков // Судостроение. -2008. -№6. -С. 55-56.
- 4 Глушков, С.С. Работа гармонических возмущающих моментов в судовых энергетических установках / С.В. Штельмах, С.С. Глушков, С.В. Викулов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 164-167.
- 5 Глушков, С.С. Определение колебаний судовых ДВС / С.С. Глушков, Л.В. Пахомова // Науч. вестн. НГТУ. -2007. -№4 (29). -С. 185-189.
- 6 Глушков, С.С. Критерий усталостной долговечности коленчатого вала дизеля / С.В. Викулов, С.С. Глушков, С.В. Штельмах // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 201-202.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетические установки, валовые линии, динамические характеристики
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Глушков Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, директор ООО «Мидель»
Лебедев Олег Борисович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
630004, г. Новосибирск, а/я 129, ООО «Мидель»

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГУП «Сибирский государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов

INSTALLATION FOR MEASUREMENT OF TEMPERATURE FACTORS OF VOLUME EXPANSION OF OIL PRODUCTS
«Siberian scientific research institute of metrology»
G.V. Shuvalov, A.A. Mamonov

In article questions of creation of installation of measurement of temperature factor of volume expansion of oil products for metrological ensuring measurement of their quantitative account are considered.

Keywords: oil products, factor of volume expansion, measurement

Рассмотрены вопросы создания установки измерения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов для метрологического обеспечения измерения их количественного учета.

В течение значительного времени года нефтепродукты для транспорта Сибири и Дальнего Востока используются в климатической зоне, где температурный фон в зимнее время достигает до минус 60 °С. В этих условиях точный учет массы нефтепродуктов зачастую становится невозможным, из-за температурных ограничений стандарта ГОСТ 3900-85, в котором приведены температурные коэффициенты объемного расширения нефти и нефтепродуктов только до температуры минус 25 °С.

Таким образом, определение фактического значения температурного коэффициента объемного расширения нефти и нефтепродуктов в условиях низких температур является весьма актуальным при создании метрологического обеспечения учета количества нефти и нефтепродуктов.

Классическое определение температурного коэффициента объемного расширения жидкостей формулируется как:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1} \frac{1}{\Delta T}, \quad (1)$$

где V_1, V_2 – первоначальный и конечный объем испытуемого нефтепродукта при изменении температуры;

ΔV – изменение объема нефтепродукта

$$\Delta V = V_2 - V_1;$$

ΔT – изменение температуры нефтепродукта

$$\Delta T = T_2 - T_1.$$

В основу предлагаемого в данной работе метода определения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов положено его измерение с помощью емкостного низкотемпературного уровнемера. В этом случае объем расширенного нефтепродукта определяется путем измерения электрической емкости конденсатора, между электродами которого находится исследуемый нефтепродукт.

Принцип работы емкостного dilatометра в виде отрезка коаксиального конденсатора, частично заполненной диэлектрической жидкостью, рассмотрен в [1].

При изменении температуры нефтепродукта ΔT , увеличивается заполнение коаксиальной линии жидкостью, то есть изменяется её уровень от l_{xT_1} до l_{xT_2} , а поскольку диэлектрическая проницаемость жидкости больше, чем у воздуха, то общая ёмкость линии увеличивается. Тогда, изменение ΔV можно представить в виде

$$\Delta V = \Delta l_x S = \frac{\Delta C}{\left(\frac{\epsilon_T}{\epsilon_0} - 1\right) \cdot \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln \frac{D}{d}}} \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (2)$$

где S – площадь поперечного сечения, заполняемого жидкостью;

D, d – внешний и внутренний диаметры электродов коаксиального конденсатора уровнемера;

ε_0 – диэлектрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

ε_T – относительная диэлектрическая проницаемость нефтепродукта;

ΔC – изменение электрической емкости уровнемера при изменении температуры;

С учетом того, что диэлектрическая проницаемость жидкости ε_T пренебрежимо мало изменяется в исследуемом интервале изменения температуры, в [2] показано, что

$$\Delta C = \Delta \ell_x \left(\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_0} - 1 \right) \frac{2\pi \varepsilon_0}{\ln \frac{D}{d}} \quad (3)$$

С учетом использования косвенного метода определения изменения объема ΔV при помощи коаксиального емкостного уровнемера выражение (1) приобретает следующий вид

$$\beta = \frac{(D^2 - d^2) \ln \frac{D}{d}}{8\varepsilon_0 V_1} \cdot \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{C_2 - C_1}{\varepsilon - 1} \quad (4)$$

Это выражение для удобства анализа представлено в виде трех сомножителей, из которых первый представляет собой постоянную величину, не зависящую от температуры, второй и третий – зависят как от разности температур, так и от ее абсолютной величины.

Из (4) следует, какие параметры необходимо знать для экспериментального определения температурного коэффициента объемного расширения β .

Для практической реализации предложенного метода была разработана конструкция измерительной ячейки установки «ИТКОН».

Измерительная ячейка представляет собой систему, состоящую из резервуара с испытуемым нефтепродуктом и присоединенного к нему датчика прецизионного уровнемера. Вся система установлена в вертикальном положении на массивном основании и помещается в климатическую камеру с регулируемым и контролируемым температурным режимом. Внешний вид измерительной ячейки показан на рисунке.

Ёмкостный датчик уровнемера представляет собой отрезок однородной в сечении коаксиальной линии, состоящей из трёх электродов – основных и вспомогательного. Основные электроды обеспечивают измерение уровня подъёма нефтепродукта, а вспомогательный – измерение температурной зависимости его диэлектрической проницаемости.

Основные электроды, с целью уменьшения температурной зависимости начальной ёмкости датчика, выполнены из материалов с разными температурными коэффициентами линейного расширения. Все электроды изолированы друг от друга с помощью фторопластовых изоляторов. Подключение ёмкостного датчика к внешнему измерителю ёмкости осуществляется через коммутатор с помощью коаксиальных кабелей, соединяемых с разъёмами датчика.

Фиксируя показания изменения температуры датчика, ёмкостей с его основных и вспомогательного электродов, по формулам, приведённым выше, рассчитывают температурный коэффициент объёмного расширения нефтепродукта β .

Одной из важных составляющих уравнения измерения β через параметры емкостного уровнемера является диэлектрическая проницаемость измеряемого нефтепродукта, благодаря которой, происходит изменение емкости первичного преобразователя, а, следовательно, появление на выходе вторичного преобразователя информационного сигнала об этом изменении.

На макете установки «ИТКОН» было проведено исследование температурной зависимости относительной диэлектрической проницаемости зимнего дизельного топлива. Результаты приведены в таблице.

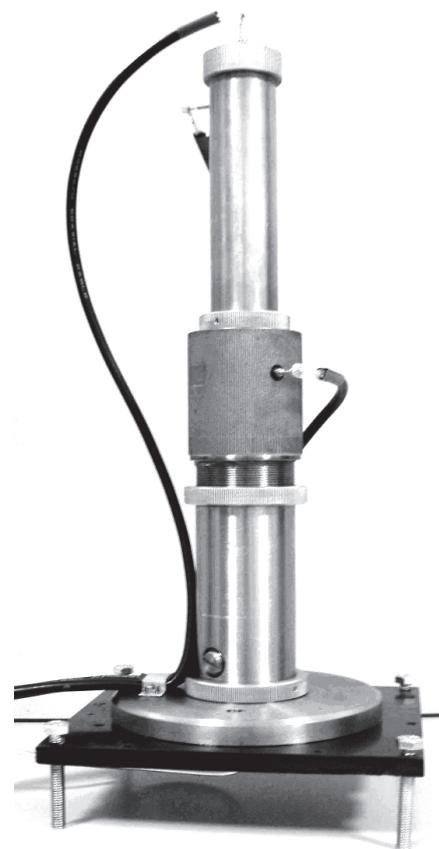


Рисунок – Внешний вид измерительной ячейки

Таблица – Температурная зависимость относительной диэлектрической проницаемости зимнего дизельного топлива

$T, ^\circ\text{C}$	ϵ						
-40	2,2527	-30	2,2370	-20	2,2213	-10	2,2096
0	2,1962	20	2,1658	30	2,1489	40	2,1381

Из таблицы видно, что для дизельного топлива имеет место довольно значительный температурный коэффициент диэлектрической проницаемости дизельного топлива $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, что необходимо учитывать при проведении измерения температурных коэффициентов объемного расширения нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шувалов, Г.В. Образцовые средства измерений коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, О.А. Ясырова // Датчики и системы. -2012. -№6. -С. 27-29.

2 Разработка приборов для определения коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, Ю.А. Гапонов, И.В. Клековкин, О.А. Ясырова // Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы 11-ой междунар. конф. «АПЭП-2012», 2-4 окт. 2012 г. -Новосибирск, 2012. -Т.3. -С. 13-15.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нефтепродукты, коэффициент объемного расширения, измерения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, зам. директора ФГУП «СНИИМ»*
Мамонов Анатолий Алексеевич, старший научный сотрудник ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630004, г. Новосибирск, пр. Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗУЮЩИХСЯ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ФГУП «Сибирский государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии»
 ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор»

Г.В. Шувалов, В.Ф. Матвейчук, Ю.А. Гапонов, В.М. Генералов

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DEFINITION DIELECTRIC HARAK-TERISTIK OF BEING POLARIZED PARTICLES OF WATER FUEL EMULSIONS

«Siberian scientific research institute of metrology»
 State research center of virology and biotechnology «Vector»
 G.V. Shuvalov, V.F. Matveichuk, Yu.A. Gaponov, V.M. Generalov

In article the method of definition of dielectric characteristics of being polarized particles of water fuel emulsions is considered.

Keywords: polarizability of a particle, relative dielectric permeability

Рассмотрен метод определения диэлектрических характеристик поляризующихся частиц водотопливных эмульсий.

Экономия и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов всегда являлись одними из приоритетных направлений для речного флота. Как правило, в среднеоборотных и малооборотных судовых дизелях стараются применять более дешевые и, как правило, более тяжелые сорта топлива.

Работа дизеля на таком топливе вызывает ряд проблем, связанных с ухудшением процессов смесеобразования и сгорания, повышением уровня теплонапряженности дизеля, сокращением срока службы смазочного масла. Одним из эффективных путей решения данных проблем является применение водотопливных эмульсий (ВТЭ), использование которых не требует каких-либо переделок двигателя, не вызывает необходимости изменения технологии изготовления топлива и не нуждается в больших капиталовложениях.

Под водотопливной эмульсией понимается специально приготовленная равномерная смесь мелко диспергированной пресной воды с очищенным топливом. Размеры частиц воды в такой эмульсии находятся в пределах 1-10 мкм. Чем качественнее ВТЭ, тем она устойчивее и тем медленнее разделяется на топливо и воду. Одной из причин, способствующих образованию устойчивых топливных эмульсий является присутствие в топливах смолистых веществ, нафтеновых кислот и их мыл. Образующие ими защитные пленки (достаточно прочные) препятствуют слиянию отдельных капель воды в более крупные, и, тем самым, предотвращают разрушение эмульсии и выделение капель воды из топлива.

При изучении физических свойств капель воды и защитных пленок на их поверхности одним из эффективных методов является анализ перемещения частиц под воздействием переменного электрического поля (диэлектрофорез), который может дать информацию не только об усреднённых (эффективных) параметрах частицы, но и об её составных частях (например, об оболочке и ядре частицы) [1-3]. Поэтому разработка методов анализа перемещения частиц в жидких средах является актуальной.

Поведение частицы, помещённой в переменное неоднородное электрическое поле, зависит не только от диэлектрических свойств частицы и от сформированного вокруг частицы двойного электрического слоя (ДЭС), но и от частоты и величины неоднородности электрического поля [3]. Так, в слабо неоднородном электрическом поле, квадрат напряжённости электрического поля которого в области частицы с прилегающим слоем среды электрическое поле можно считать постоянным, в частотной зависимости поляризуемости частицы наблюдаются две области. Низкочастотная область характеризуется тем, что электрическое поле экранируется внешним слоем среды вокруг частицы и не попадает внутрь частицы. В этом случае вектор поляризации направлен в противоположном вектору напряжённости электрического поля направлении и сила, действующая на частицу, пропорциональна лишь объёму частицы с прилегающим слоем среды и не зависит от электрических свойств частицы, при этом частица движется в направлении, противоположном направлению градиента квадрата напряжённости электрического поля. Высокочастотная область характеризуется тем, что электрическое поле проникает внутрь частицы, поляризуя внутренние области частицы. В этом случае вектор поляризации совпадает с направлением вектора напряжённости электрического поля и сила, действующая на частицу, пропорциональна не только объёму частицы, но и зависит от электрических свойств частицы и среды, при этом частица движется в направлении градиента квадрата напряжённости электрического поля.

Известно, что в электростатическом поле с вектором напряжённости электрического поля E на единичный объём среды с плотностью ρ_m , относительной диэлектрической проницаемостью ε_m , действует сила [1]

$$f = -\nabla p_0 + \frac{\varepsilon_0}{2} \nabla \left[E^2 \rho_m \frac{\partial \varepsilon_m}{\partial \rho_m} \right] - \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \nabla \varepsilon_m, \quad (1)$$

где ε_0 – электрическая постоянная.

Чтобы получить выражение для силы, действующей на частицу, необходимо проинтегрировать выражение (1) по объёму частицы. Полагая, что в объёме частицы градиент напряжённости некоторого среднего поля постоянен, можно записать действующую на частицу силу как

$$F_{эл} = \frac{\varepsilon_0}{2} V_q A(\varepsilon_q, \varepsilon_m) \nabla (E^2), \quad (2)$$

где ε_q – относительная диэлектрическая постоянная;

V_q – объём частицы;

$A(\varepsilon_q, \varepsilon_m)$ – некоторая функция относительных диэлектрических постоянных частицы и среды, выраженная, например, в виде полинома второй степени от относительных диэлектрических постоянных с параметрами a, b, c, d значения которых находятся в результате калибровочных измерений

$$A(\varepsilon_q, \varepsilon_m) = a \varepsilon_q^2 + b \varepsilon_q \varepsilon_m + c \varepsilon_m^2 + d. \quad (3)$$

На движущуюся частицу в вязкой среде действует сила трения – сила Стокса. В случае малости величины дебаевской длины экранирования (например, в водных растворах при изменении ионной силы от 10^{-5} до 10^{-1} моль/л дебаевской длина экранирования меняется в пределах 1-100 нм) можно пренебречь гидродинамическими эффектами, проявляющимися при движении частицы, и принять условие уравнивания электрической силы силой Стокса в условиях установившегося равномерного движения

$$F_{эл} = F_{см} = 6\pi\eta \cdot r_q \cdot v_q, \quad (4)$$

где r_q, v_q – радиус и наблюдаемая скорость частицы.

В переменном электрическом поле с вектором напряжённости электрического поля $E = E_0 \sin \omega t$ на частицу будет действовать градиент усреднённой по времени величины квадрата вектора напряжённости электрического поля $\bar{E}^2 = E_0^2 / \pi$, если характерное время

релаксации движения частицы в переменном электрическом поле много больше периода частоты переменного электрического поля. Так, например, для размера частицы порядка 10 мкм характерное время релаксации в воде составляет 10 мс. Поэтому частота переменного поля при измерениях скоростей перемещения подобных частиц должна быть выше 100 Гц.

В результате проведенного анализа поведения частицы в переменном неоднородном электрическом поле можно заключить, что измерения диэлектрических характеристик частицы необходимо проводить в высокочастотной области частотной зависимости эффективной поляризуемости частицы, в которой наблюдается положительных диэлектрофорез. Эффективная поляризуемость частицы может быть прокалибрована с использованием эталонных образцов частиц и среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. -М.: Наука, 1982. -621 с.
- 2 Измерение электрической емкости мембраны клеток / Т.С. Бакиров, В.М. Генералов, Л.Ф. Бакулина, О.В. Фефелов, А.А. Чепурнов // Биотехнология. -2001. -№5. -С. 44-69.
- 3 Шилов, В.Н. Диэлектрофорез наноразмерной частицы / В.Н. Шилов // Коллоид. журн. -2008. -Т.70, -№4. -С. 558-571.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поляризуемость частицы, относительная диэлектрическая проницаемость, диэлектрофорез

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, зам. директора ФГУП «СНИИМ»
Матвейчук Владимир Федорович, канд. техн. наук, директор, ФГУП «СНИИМ»
Гапонов Юрий Александрович, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»
Генералов Владимир Михайлович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ГНБЦ «Вектор»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г. Новосибирск, пр. Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»
630559, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Кольцово, ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

ФГУП «Сибирский государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии»
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
ФГБУН «Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова» СО РАН

**Г.В. Шувалов, А.П. Ильин, И.В. Клековкин, В.Ф. Матвейчук,
А.В. Латышев, Д.В. Щеглов**

METROLOGICAL ENSURING MEASUREMENTS OF PARAMETERS OF NANOPOWDERS OF THE METALS USED IN FUEL-LUBRICANTS

«Siberian scientific research institute of metrology»

«National research Tomsk polytechnic university»

«Rzhanov institute of semiconductor physics»

G.V. Shuvalov, A.P. Ilyin, I.V. Klekovkin, V.F. Matveichuk, A.V. Latyshev, D.V. Shcheglov

In article questions of creation of metrological ensuring measurements of parameters of nanopowders of the metals used in fuel-lubricants are considered.

Keywords: fuel-lubricants, nanopowders of metals

Рассмотрены вопросы создания метрологического обеспечения измерений параметров нанопорошков металлов, используемых в топливо-смазочных материалах.

В настоящее время использование нанотехнологий связаны с эволюционным путем совершенствования выпускаемых продуктов и изделий. Используя наночастицы как добавки, можно улучшить качество многих товаров: смазочных материалов, топлив, защитных и упорочняющих пленок, катализаторов, мембран, детекторов, сенсоров и т.д. [1]. Из всех первичных наноматериалов нанопорошки металлов находят наибольшее применение, так как используются в уже действующих производствах товаров. Во многих случаях это связано с улучшением качества материалов за счет модификации наночастицами существующих ма-

териалов или изделий (наночастицы вводят в объем материала или наносят на поверхность).

Анализ литературных источников показывает, что существует перспективное направление использования нанопорошков металлов для повышения срока службы машин и механизмов – применение металлоплакирующих смазочных материалов [2, 3].

Однако многие вопросы разработки и эффективного применения нанопорошков металлов в качестве добавок в смазочные материалы для повышения ресурса судовых энергетических установок требуют в настоящее время дополнительного изучения. Необходимы измерения размерных и теплофизических свойств нанопорошков, а также исследования влияния нанопорошков различных металлов и их соединений на трибологические свойства смазочных материалов [4-6].

Проведение такого рода исследований связано с недостаточной проработанностью вопроса обеспечения единства измерений физических параметров нанопорошков. В этой связи создание метрологического обеспечения измерений параметров нанопорошков металлов для модификации свойств топливо-смазочных материалов представляется весьма актуальным.

В этой связи с учетом мировых тенденций в области наноиндустрии и, основываясь на современном уровне развития отечественных нанотехнологий и перспективах их развития, в России была создана сеть региональных и отраслевых центров метрологического обеспечения нанотехнологий и продукции наноиндустрии.

Так, на базе Сибирского государственного научно-исследовательского института метрологии (ФГУП «СНИИМ») и ряда учреждений СО РАН и Росстандарта в конце 2009 года был создан Центр метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий и продукции наноиндустрии в Сибирском федеральном округе. Основной целью Центра метрологического обеспечения нанотехнологий является обеспечения единства измерений на предприятиях нанотехнологической сети в регионе [7].

Одно из направлений Центра – метрологическое обеспечение разработки и применения новых материалов для топливо-энергетического комплекса, которое связано с использованием наноматериалов, в том числе, нанопорошков металлов.

При исследовании металлоплакирующих смазочных составов [8] было установлено, что важную роль играют структурно-энергетические характеристики нанопорошков металлов, так называемые термохимические параметры.

Для их определения в рамках Центра были выполнены работы по созданию метрологического комплекса для обеспечения единства измерений термохимических свойств нанопорошков металлов.

Для тестирования устойчивости нанопорошков (НП) и их смесей к окислению и к химическому взаимодействию был использован дифференциальный термический анализ (ДТА). На основе данных ДТА определяют четыре термохимических параметра, характеризующих термические и химические свойства нанопорошков: температура начала окисления, степень окисленности, скорость окисления, тепловой эффект при окислении. В работе использовали термоанализатор SDT Q600; анализ проводили в режиме линейного нагрева в интервале 20-1000 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин. в атмосфере воздуха. Для тестирования были выбраны нанопорошки алюминия и меди, как наиболее используемые для получения металлоплакирующих составов.

В таблицах 1 и 2 приведены их основные термохимические параметры.

Кроме того, создание метрологического комплекса обеспечения единства измерений термохимических свойств нанопорошков металлов включало разработку методов и средств измерений, а также государственных стандартных образцов термохимических свойств нанопорошков металлов. Был проведен анализ свойств нанопорошков металлов и выбран материал для изготовления стандартных образцов, разработаны методики измерений термохимических свойств нанопорошков металлов, разработаны, исследованы и созданы государственные стандартные образцы температуры начала окисления, степени окисленности, теплового эффекта окисления нанопорошков металлов.

Другой значимой работой в рамках Центра являлась работа по аттестации линейных мер нанометрового диапазона. На сегодняшний день большой интерес вызывают измерения объектов размерами менее 100 нм. Для этих измерений используются различные микроскопы, в том числе сканирующие зондовые атомно-силовые и цифровые интерференционные микроскопы. Для обеспечения единства измерений в данном диапазоне размеров исполь-

зуются различные рельефные меры нанометрового диапазона [9]. К таким мерам относятся меры ширины и периода специальные МШПС-2.0К и меры периода и высоты линейные TGZ1, TGZ2, TGZ3 [8]. Указанные меры имеют минимальный номинальный размер по высоте рельефа 20 нм, что не позволяет осуществлять калибровку АСМ в области размеров менее 20 нм.

Таблица 1 – Характеристики нанопорошков алюминия, полученных методом ЭВП

Образец	Удельная площадь поверхности, м ² /г	Температура начала окисления, °С	Степень окисленности, %	Условный тепловой эффект, отн. ед.
Al-30	10,8±0,3	540	27,4	3,9
Al-28	9,9±0,3	530	28,6	5,5
Al-26	9,9±0,9	550	26,5	3,7
Al-24	9,3±0,3	540	35,4	2,9
Al-22	8,8±0,25	550	39,1	3,3
Al-20	6,7±0,2	540	31,3	3,1
Al-18	7,7±0,25	550	28,3	2,9

Таблица 2 – Характеристики нанопорошков меди, полученных методом ЭВП

Образец	Удельная площадь поверхности, м ² /г	Температура начала окисления, °С	Степень окисленности, %	Условный тепловой эффект, отн. ед.
Cu-30	6,2±0,2	165	20,1	1,5
Cu-28	8,2±0,2	170	19,4	1,4
Cu-26	10,2±0,3	170	19,6	1,6
Cu-24	5,7±0,2	160	18,7	1,5
Cu-22	3,8±0,2	170	19,8	1,5
Cu-20	3,7±0,3	170	20,8	1,4
Cu-18	3,9±0,1	170	20,6	1,2

В этой связи в Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН) и Центре коллективного пользования «Наноструктуры» СО РАН в течение ряда лет проводились исследования по созданию вертикальных мер ступенчатых структур на основе моноатомных ступеней [10]. Основное достоинство разработанной технологии – возможность создания мер нанометрового диапазона состоящих из счетного количества равных по высоте моноатомных ступеней.

Мера представляет (рисунок 1) собой пластину кремния с шестью разными по высоте в диапазоне 0,31-31,00 нм выделенными участками различной высоты (далее – мерами) и состоит из определенного числа ориентированных в направлении кристаллографической плоскости 111 моноатомных ступеней кремния. Единица длины, воспроизводимая мерой, измеряется между поверхностями свободными от моноатомных ступеней размерами не менее 1×5 мкм.

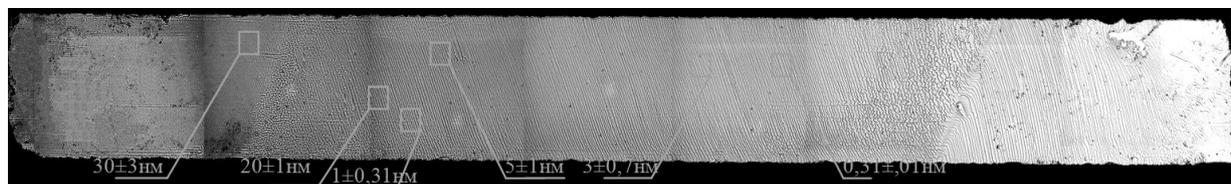


Рисунок 1 – Поверхность Комплекта с указанием местоположения и размеров мер

В ходе испытаний были подтверждены все технические характеристики Комплектов мер (рисунок 2). На основании положительных результатов был утвержден тип средства измерений «Комплекты мер высоты СТЕПП-ИФП-1», позволяющий передавать размер единицы длины в диапазоне высот от 0,31 до 31,00 нм [11].

Таким образом, созданные в рамках Центра метрологического обеспечения нанотехнологий метрологические комплексы для определения термодимических параметров нанопорошков металлов и их геометрических характеристик позволяют решить вопросы обеспечения единства из-



Рисунок 2 – Общий вид Комплекта в футляре

мерений нанопорошков металлов, используемых для изготовления металлоплакирующих смазочных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ильин, А.П. Модифицирование минеральных масел электрическим взрывом проводников / А.П. Ильин, О.Б. Назаренко // Высоковольтные техника и электротехнология: межвуз. сб. науч. тр. -Иваново, 1997. -Вып.1. -С. 71-73.
- 2 Пат. 1730842. Смазочный состав / Ильин А.П., Краснятов Ю.А., Елизаров А.В., Чернов М.Г. -Приоритет от 14.02.90.
- 3 Пат. 2132363. Металлоплакирующий смазочный состав / Ильин А.П., Петрунин В.Ф. -Приоритет от 24.04.97.
- 4 Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. -М.: Машиностроение, 1989. -328 с.
- 5 Ильин, А.П. Применение электровзрывных ультрадисперсных порошков в качестве добавок к маслам / А.П. Ильин, Ю.А. Краснятов, С.А. Ларионов // Получение, свойства и применение энергонасыщенных порошков металлов и их соединений: тез. докл. Рос. конф. / НИИ ВН при ТПУ. -Томск, 1993. -С. 83.
- 6 Ильин, А.П. Динамические эффекты в процессе трения при плакировании ультрадисперсными порошками /А.П. Ильин, Г.А. Медведев, В.Ф. Петрунин // Физикохимия ультрадисперсных (нано-) систем: тез. докл. VI Всерос. конф. / МИФИ. -М., 2002. -С. 397.
- 7 Шувалов, Г.В. Развитие работ в области нанотехнологий и их метрологическое обеспечение в Сибирском федеральном округе / Г.В. Шувалов // Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и nanoиндустрии. Функциональные наноматериалы: тез. докл. 4 Всерос. шк. Роснано. -Новосибирск, 2011. -С. 135-136.
- 8 Ильин, А.П. Влияние суспензии «моторное масло+смесь нанопорошков меди и никеля» на трибологические свойства пары трения «углеродистая сталь-низколегированная сталь» / А.П. Ильин, О.Б. Назаренко, С.В. Рихерт // Изв. ТПУ. -2004. -Т.307, -№3. -С. 77-79.
- 9 ГОСРЕЕСТР СИ №33598-06. Меры ширины и периода специальные МШПС-2.0К
- 10 Пат. 2371674 Российская Федерация, МПК8, G01B7/34. Способ изготовления ступенчатого высотного калибровочного стандарта для профилометрии и сканирующей зондовой микроскопии / Щеглов Д.В., Косолобов С.С., Родякина Е.Е., Латышев А.В. -№2008132638/28; заявл. 07.08.08; опубл. 27.10.09, Бюл. №30. -11 с.
- 11 ГОСРЕЕСТР СИ №48115-11. Комплекты мер высоты СТЕПП-ИФП-1.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *топливо-смазочные материалы, нанопорошки металлов*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, зам. директора ФГУП «СНИИМ»
Ильин Александр Петрович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
Клековкин Иван Владимирович, заместитель начальника лаборатории ФГУП «СНИИМ»
Матвейчук Владимир Федорович, канд. техн. наук, директор, ФГУП «СНИИМ»
Латышев Александр Васильевич, докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. СО РАН, заместитель директора ФГБУН ИФП СО РАН
Щеглов Дмитрий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ФГБУН ИФП СО РАН*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630004, г. Новосибирск, пр. Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13, ФГБУН ИФП СО РАН*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАЦИОННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА В СИБИРИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

А.Ю. Божков

PROSPECTS OF USING CAVITATION LIQUID FUEL IN SIBERIA
«Novosibirsk state technical university»
A.Yu. Bozhkov

Shown the current state of development for the preparation and combustion of cavitation liquid fuel and prospects for implementation in industrial power generation of the Siberian Federal District.

Keywords: cavitation-liquid fuel, coal-water fuel

Показаны текущее состояние разработок по приготовлению и сжиганию кавитационного жидкого топлива и перспективы внедрения на промышленных объектах энергогенерации Сибирского Федерального Округа.

Для энергетики Сибири разработка технологии использования кавитационного жидкого топлива является актуальной ввиду больших запасов угля в регионе.

На рисунке приведена принципиальная схема технологии получения кавитационного жидкого топлива (КЖТ) [2].

Установка по приготовлению КЖТ представляет собой соединение двух основных аппаратов – дезинтегратора и гидродинамического кавитатора. Была принята следующая схема рабочего модуля: предварительно дробленый уголь размалывается в быстроходной пальцевой мельнице-дезинтеграторе с ударно-скалывающим эффектом. Затем активированный угольный порошок и вода смешиваются в высокооборотном миксере, после чего водоуголь-

ная система поступает в кавитатор, где происходит дальнейшая диспергация твердой фазы и гомогенизация системы с образованием ультрадисперсной среды с размерами угля 1-3 мкм в водной среде. Именно столь малые размеры угля, связанные в водной активированной среде, делают данное топливо пригодным для стабильного факельного сжигания в котлах с камерной топкой, а в перспективе при дальнейшем развитии аппаратов помола и технологической возможности достижения наноразмерностей – в качестве моторного и газотурбинного топлива. При этом энергия активации снижается как показывают эксперименты практически в 2 раза, а вязкость КЖТ при температуре 30-40 °С становится равной вязкости мазута при температуре 90 °С.

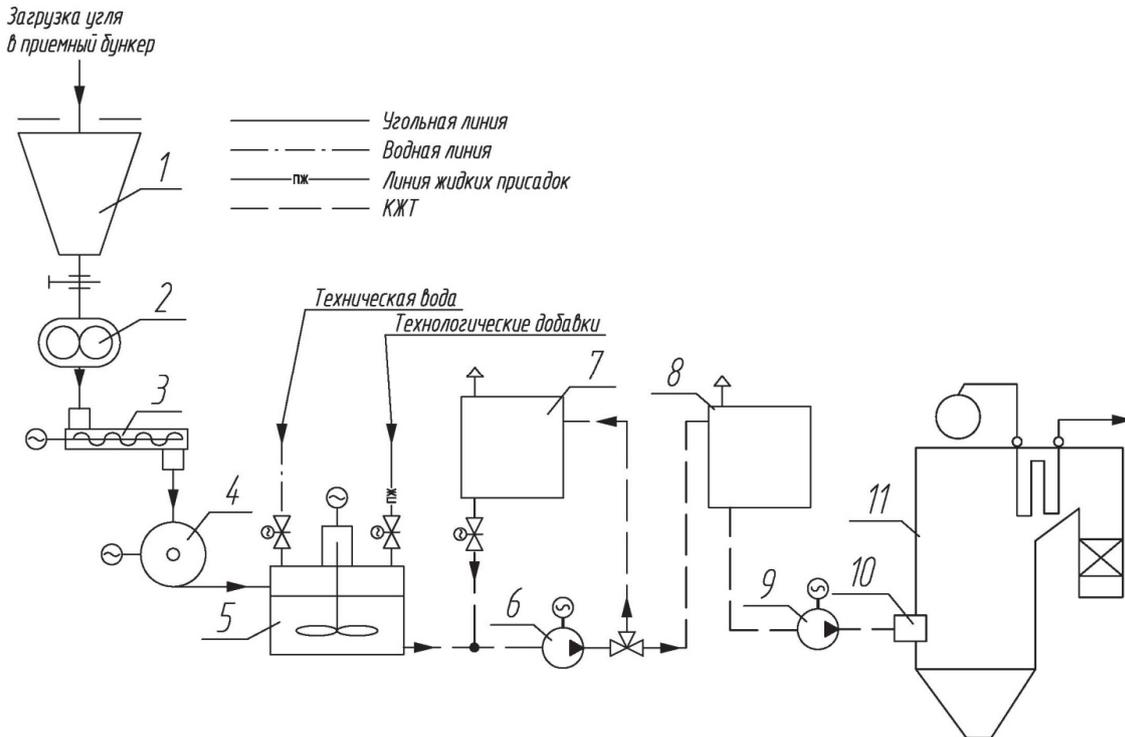


Рисунок – Принципиальная технологическая схема приготовления КЖТ: 1-бункер рабочего угля; 2-дробилка; 3-шнековый питатель; 4-дезинтегратор; 5-миксер; 6-кавитатор; 7-циркуляционный бак; 8-расходный бак готового КЖТ; 9-насос подачи КЖТ; 10-форсунки; 11-котел

Эксперименты показывают также, что КЖТ хранится в расходных емкостях без расслоения практически до года и замерзает при температуре менее (-12) °С. После размораживания свойства КЖТ сохраняются. Рабочая температура подачи КЖТ составляет около 40 °С при избыточном давлении 9 бар.

Таблица – Средние цены на основные виды топлива в Сибири

Топливо-энергетические ресурсы	2009	2010	2011
Нефть, руб./т	9943	9909	13700
Мазут растопочный, руб./т	7246	9820	10670
Природный газ, руб./тыс. м ³	2460	3047	3489
Каменный уголь, руб./т	1293	1358	1436
Бурый уголь, руб./т	1055	1097	1194

Эффект от замены угля на КЖТ на котлах мощностью до 30-50 т пара в час приводит к снижению потребления угля на 20-50% только за счет решения проблемы механического недожога. При сжигании антрацитов использование КЖТ вытесняет газовую «подсветку». Более того, из-за низкой температуры воспламенения частиц антрацитов в составе КЖТ не происходит образование жидких шлаков в котле, а, следовательно, не происходит снижения коэффициента теплопередачи поверхностей теплообмена в результате шлакования, характерного для режимов сжигания угля с высокими температурными характеристиками. Это способствует снижению затрат на топливо, а также эксплуатационных затрат

В таблице показаны средние цены на основные виды энергоресурсов для Сибири[1].

Из-за очевидной разницы в стоимости угля и других источников энергии возникает требование совершенствования угольных технологий, в том числе и использование КЖТ в качестве более экологичного, чем простое сжигание угля.

С точки зрения экологии в городах с активным использованием угля на объектах с отсутствующими или устаревшими системами золоочистки выгода от внедрения КЖТ существенна. Если рассматривать только снижение экологических штрафов, то в первую очередь, выигрыш получается при замещении угля: зола, образующаяся при сжигании КЖТ, безвредна и имеет большой спрос и полностью утилизируется в стройиндустрии, в то время как шлак, образующийся при сжигании угля, требует утилизации и мало востребован. При замене топочного мазута на КЖТ из газообразных выбросов полностью исчезают полициклические ароматические углеводороды, являющиеся канцерогенами.

Выполненные научно-исследовательские, опытно-промышленные и конструктивные проработки по КЖТ позволяют сделать следующие выводы:

- технология получения КЖТ в различном исполнении позволяет вырабатывать на базе угля и воды принципиально новый вид искусственного топлива;
- КЖТ может использоваться для сжигания в топочных камерах различных вариантов, а так же для газификаторов;
- наиболее отработанным является вариант модульного приготовления КЖТ с последующим его сжиганием в топках котельных малой энергетики;
- новое топливо наиболее целесообразно к использованию для замены мазута для котельных и ТЭС;
- для котлов ТЭС при техническом перевооружении с целью экономии сжигания газа предлагается осуществлять совместное сжигание газа и КЖТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Новосибирская область в цифрах 2011: стат. сб. / Новосибирскстат. -Новосибирск, 2012. -127 с.
- 2 Проблемы и перспективы внедрения инновационных водоугольных технологий / Л.И. Пугач [и др.] // Энергосистемы, электростанции и их агрегаты: сб. науч. тр. / НГТУ. -Новосибирск, 2007. -Вып.11. -С. 47-78.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *кавитационное жидкое топливо, водоугольное топливо*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Божков Андрей Юрьевич, магистрант ФГБОУ ВПО «НГТУ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЯЗКОСТИ БЕСМОЛИСТЫХ НЕФТЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ В НЕЕ АСФАЛЬТЕНО-СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Учреждение «Атырауский инженерно-гуманитарный институт»
Учреждение «Атырауский институт нефти и газа»

А.Ш. Акжигитов, Б.Д. Умаров, Т.М. Бисенова

RESEARCH OF EFFECTIVE VISCOSITY UNPITCH OILS AT ADDITION IN IT ASFALTENO-RESINOUS SUBSTANCES
«Atyrau institute of engineering and humanities»
«Atyrau institute of Oil and gas»
A.Sh. Akzhigitov, B.D. Umarov, T.M. Bisenova

The effect of asphaltenes on the rheological oil properties without resins.

Keywords: asphalt-pitch substances, unpitch oils, SAS-silica gels pitches

Изучено влияние асфальто-смолистых веществ на реологические свойства бессмолистых нефтей.

Большинство парафинистых высокозастывающих нефтей являются, как правило, смолистыми или высокосмолистыми. Тем не менее влияние смол на вязкостные свойства нефтей изучено недостаточно полно. Многие исследователи считают [1], что смолисто асфальтеновые компоненты нефти, являясь поверхностно-активными веществами адсорбируются на поверхности кристаллов парафина и препятствуют их росту, обуславливая тем самым снижение температуры застывания. Кристаллики парафина не блокированные со смолоасфальтеновыми веществами, объединяясь создают прочную пространственную кристаллическую решетку. Такое объяснение нам кажется недостаточно обоснованным. Как известно, содержание смолы в Мангышлакских нефтях изменяется в пределах 12-22%, действие известных отечественных и зарубежных депрессаторов показывает, что оптимальная их концентрация добавления в нефти лежит в пределах 0,15-0,3%. Тогда влияние смолоасфальтеновых веществ на реологические свойства Мангышлакских нефтей должны заклю-

чаться в чем-то другом, а не только в депрессорном свойстве. Например, если нагретую до 60 °С смесь Узенской нефти с температурой застывания 31 °С и концентрацией депрессатора ЕСП 4242 0,2% вес. Охладить до комнатной температуры с постоянной скоростью 10 °С/ч без перемешивания, температура застывания смеси снизится до 16 °С, а при изменении смол в составе тех же нефтей до 10% значения температуры застывания колеблются в незначительном интервале.

Для изучения роли смолистых компонентов нефтей при образовании пространственных структур в парафинистых нефтях была проведена серия экспериментов. Объектом исследования могут быть взяты нефти триасовых отложений Южного Мангышлака (Оймаша, Северо-Ракушечное, Аксаз, Алатобе и др.) также парафинистые, как и уникальные южные нефти полуострова (месторождений Узень, Жетыбай). В отличие от последних, в составе триасовых нефтей содержание асфальто-смолистых веществ незначительно, а некоторые из них вовсе лишены этих природных поверхностно-активных веществ. Например, белая нефть месторождения Аксаз (скв.1, интервал перфорации 4248-4273 м), высокопарафинистая (содержание парафина с температурой плавления 53 °С равно 16%), малосернистая (серы 0,15%) и практически бессмолистая, содержание фракции, выкипающих до 200 °С и 350 °С, составляет 34 и 75%, соответственно. Она легкая ($\rho_4^{20} = 0,7831$), маловязкая (кинематическая вязкости при 50 °С всего 2,1 мм²/с), высокозастывающая (температура застывания 7 °С) и при нормальных условиях представляет собой суспензию парафина.

При снижении температуры, из-за образования в объеме нефти структурной решетки из взаимодействующих кристаллов парафина, она становится неньютоновской системой. Реологические свойства парафинистой нефти, значение её характеристик, как статическое и динамическое напряжение сдвига, эффективная вязкость, прежде всего определяются содержанием в её составе высокомолекулярных компонентов (твердого парафина, асфальтенов и смолистых веществ), и их взаимного соотношения. Зависимость температуры застывания нефти от содержания в ней парафина, роль природных ПАВ (асфальто-смолистых веществ) в формировании и изменении структурной решетки парафина, влияние термической обработки на реологические свойства неньютоновской нефти рассмотрены в трудах многих исследователей [1-3]. В [3] исследованы влияния асфальтенов и смол на температуру застывания и вязкость Каратонской нефти. Установлено, что величина депрессии температуры застывания Каратонской нефти от добавления асфальтенов значительно больше, чем при добавлении такого же количества смол. С увеличением добавляемых асфальтенов от 0,27% до 2% температура застывания Каратонской нефти снижена на 14 °С в интервале от -4 до -20 °С. При этом рост депрессии температуры застывания в этом интервале концентрация добавляемого асфальтена линейна.

В свете изложенного, были проведены опыты по изучению влияния добавляемых асфальтенов и смол на реологические свойства нефти Аксаз. В таблице 1 приведены эффективная вязкость и статическое напряжение сдвига нефти при температуре от 2 до 20 °С. В качестве добавок к нефти использовали концентрированный бензольный раствор асфальтенов, выделенных из ранее исследованных нефтей новых месторождений. Однако первые опыты по приготовлению смесей нефти с асфальтенами были неудачными. В процессе перемешивания асфальтены из бензольного раствора не растворялись в данной нефти, а наоборот, были склонны к осаждению. Это объясняется исключительно парафиновым составом нефти и высоким содержанием в ней легких парафиновых углеводородов, в которых асфальтены не растворяются, а выпадают в осадок. С учетом этого, в качестве нефтяной основы для смешения с асфальтеном и со смолой использовали остаток Аксазкой нефти после отделения её бензиновой фракции до 200 °С, вязкости и статическое напряжение сдвига которого в интервале температур от 21 °С до 40 °С приведены в таблице 2. В таблице 3 приведены эффективная вязкость и статическое напряжение сдвига остатка при добавлении от 0,2 до 2,0% асфальтенов. Следует отметить, что в действительности растворенные части асфальтена в данных растворах из-за осаждения значительной части добавленного асфальтена малы. При рассмотрении этих проб под световым микроскопом установлено, что в них содержатся довольно крупные черные частицы асфальтена неправильной (размерами до 5-20 мм и более) формы. Следовательно, мы имеем дело не с истинными растворами асфальтена в нефтяном остатке, а нефтяными грубодисперсными системами, с микроструктурой наподобие микроструктуры каменноугольных смол и пеков.

В следующей серии экспериментов были составлены растворы силикагелевых смол в

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

остатке высокопарафинистой нефти. Здесь добавки смолы растворялись без заметных осадков в осадках. В таблице 4 приведены значения эффективной вязкости и статического напряжения сдвига четырех смесей, содержащих от 1 до 3% силикагелевых смол. С ростом содержания смол, в пределах использованных концентраций, эффективная вязкость и статическое напряжение сдвига остатка сжимаются, но не значительно. Снижение эффективной вязкости остатка при содержаниях смол 2-3% более заметно, особенно в области малых скоростей сдвига.

Таблица 1 – Эффективная вязкость нефти месторождения Аксаз (скв. 1)

Температура нефти, °С	Эффективная вязкость (мПа·с) при скорости сдвига, с ⁻¹							Статическое напряжение сдвига, Па
	3,0	5,4	9,0	16,2	27	48,6	81	
20	233	185,2	144,4	117,3	81,5	55,6	35,8	3,2
15	533	351,9	244	160,5	107,4	65,8	43,2	6,4
10	967	592,6	389	259,3	167	98,8	62,9	8,3
5	1067	703,7	467	296,3	200	119,3	79,0	12,2
2	1300	777,8	500	314,8	237	152,3	95,0	16,0

Таблица 2 – Эффективная вязкость остатка выше 200 °С нефти месторождения Аксаз

Температура остатка, °С	Эффективная вязкость (мПа·с) при скорости сдвига, с ⁻¹							Статическое напряжение сдвига, Па
	3,0	5,4	9,0	16,2	27	48,6	81	
40	–	–	–	19,7	23,7	16,4	11,8	–
35	107	89	64	43	30	20	16	–
30	1280	770	498	328	249	145	91	12,8
27	1600	948	640	533	344	211	134	31,3
24	2560	1482	924	770	486	296	209	258,0
21	2986	1778	1102	770	533	435	316	323,0

Таблица 3 – Эффективная вязкость остатка при добавлении асфальтена

Температура остатка, °С	Эффективная вязкость (мПа·с) при скорости сдвига, с ⁻¹							Статическое напряжение сдвига, Па
	3,0	5,4	9,0	16,2	27	48,6	81	
1 Остаток с 0,2% асфальтена								
35	107	71	53	36	24	16	12	–
30	1065	660	427	257	201	118	79	10,2
27	1813	1067	678	533	379	230	156	24
24	2240	1482	960	770	474	283	178	38
21	2560	1541	995	691	581	415	269	274
2 Остаток с 1,0% асфальтена								
35	–	–	35,5	29,6	23,7	16,5	11,8	–
30	746	474	320	257	178	112	71	9,6
27	1813	1126	711	533	344	204	130	22,4
24	2240	1363	960	592	402	250	162	38,8
21	2346	1422	995	671	557	388	249	236
3 Остаток с 2,0% асфальтена								
35	–	–	36	30	24	16,5	14	–
30	746	474	320	217	142	86	55	4,5
27	1600	948	640	533	332	191	118	15,4
24	2666	1659	1066	632	403	251	162	23,0
21	2880	1719	1066	790	522	329	245	258,0

Из изложенного следует, что использование добавления природных нефтяных ПАВ-силикагелевых смол и асфальтенов для снижения реологических характеристик высокопарафинистых бессмолистых нефтей неэффективно. Эти нефти имеющие преимущественное содержание насыщенных углеводородов, являются плохим растворителем для высокоуплотненных полициклических ароматических ядер и их сложных комплексов, как нефтяные смолы и асфальтены.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Таблица 4 – Эффективная вязкость остатка при добавлении силикагелевых смол

Температура остатка, °С	Эффективная вязкость (мПа·с) при скорости сдвига, с ⁻¹							Статическое напряжение сдвига, Па
	3,0	5,4	9,0	16,2	27	48,6	81	
1 Остаток с 1,0% силикагелевых смол								
30	1066	652	427	257	166	99	67	11,8
27	1600	998	604	355	225	138	99	30,7
24	2346	1363	853	494	308	224	181	113
21	2880	1660	1031	592	391	333	197	161
2 Остаток с 1,5% силикагелевых смол								
30	853	533	355	217	292	86	55	–
27	1493	890	570	336	213	132	91	17,6
24	2346	1363	853	513	332	198	134	64,6
21	2773	1600	995	573	356	230	178	103
3 Остаток с 2,0% силикагелевых смол								
30	320	237	178	118	83	59	43	–
27	1386	830	533	316	213	132	87	14,4
24	2240	1363	853	494	308	178	118	54,9
21	2666	1541	960	553	344	211	158	94
4 Остаток с 3,0% силикагелевых смол								
30	107	89	71	49	36	26	20	–
27	1280	770	533	316	201	125	83	13,7
24	2133	1304	817	474	296	171	114	32
21	2560	1482	924	533	332	204	142	68

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дегтярев, В.Н. Экспериментальные исследования транспорта высокосазыстающих нефтей по трубопроводам: автореф. ... дис. канд. техн. наук / В.Н. Дегтярев. -М., 1969. -18 с.
 2 Кошен, В.П. Вопросы трубопроводного транспорта туркменских высокосазыстающих парафинистых нефтей: автореф. ... дис. канд. техн. наук / В.П. Кошен. -М., 1967. -17 с.
 3 Эпельбаум, Х.И. Реологические свойства парафинистых нефтей Эмбы и влияния на них различных факторов: автореф. ... дис. канд. техн. наук / Х.И. Эпельбаум. -Алма-Ата, 1964. -17 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асфальто-смолистые вещества, бессмолистые нефти, ПАВ-силикагелевые смолы

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Акжигитов Амантай Шайхимович, канд. хим. наук, профессор АИГИ
 Умаров Батыр Даниялович, канд. техн. наук, профессор, проректор АИГИ
 Бисенова Татьяна Михайловна, старший научный сотрудник АИНГ

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 060002, Республика Казахстан, г. Атырау, ул. Худина, 5а, АИГИ
 060002, Республика Казахстан, г. Атырау, пр. Азаттык, 1, АИНГ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРА ПАРО-ГАЗОВОГО ПУЗЫРЬКА В КАПЛЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В НАГРЕТОЙ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.П. Андрющенко, В.В. Попков, С.В. Титов

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL FOR COMPUTATION OF VAPOUR-GAS BUBBLE DIMENSION ALTERATION DYNAMICS IN DROP OF WATER-FUEL EMULSION BEING IN HEATED OSCILLATING GASEOUS ENVIRONMENT

«Novosibirsk state academy of water transport»

S.P. Andryushchenko, V.V. Popkov, S.V. Titov

One is presenting physical and mathematical model describing process of gaseous bubble growth in drop of water-fuel emulsion being in disturbed gaseous environment.

Keywords: physical and mathematical model, water-fuel emulsion, vapour-gas bubble

Предлагается физико-математическая модель, описывающая процесс роста парового пузырька в капле водотопливной эмульсии, которая находится в возмущенной газовой среде.

Одним из эффективных способов сокращения вредных выбросов с отработавшими газами судовых дизелей, находящихся в эксплуатации, является применение присадки воды к топливу в виде эмульсии. На кафедре СДВС, под руководством О.Н. Лебедева, в 1980-1990 гг., выполнен большой объем теоретических и экспериментальных работ в области использования ВТЭ в судовых дизелях.

Анализ опубликованных и имеющихся в распоряжении данных о влиянии дисперсности эмульсии на экономические и экологические показатели дизелей свидетельствует об их неоднозначности и часто противоречивости.

Включения воды, имея более низкую температуру кипения чем углеводородное топливо (дизельное) быстрее превращаются в пар и прорываясь за пределы капли её разрушают. Происходящие микровзрывы оказывает значительное влияние на процессы смесеобразования и сгорания.

Для исследования процессов, предшествующих микровзрывам воспользуемся классическим уравнением для определения динамики изменения радиуса пустой сферической полости в бесконечной несжимаемой жидкости под действием постоянного внешнего давления которое получено Реллеем (Rayleigh) [1]. При помещении пузырька в ультразвуковом поле в уравнение Реллея, Нолтингом В.Е. и Неппирасом Е.А. (Nolting V.E. Neppiras E.A.) [2, 3] введен дополнительный член. Это уравнение примет следующий вид

$$R \frac{dR^2}{d^2\tau} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{d\tau} \right)^2 + \frac{1}{\rho} \frac{2\sigma}{R} + \frac{1}{\rho} (P_o - P_a \sin \omega\tau) = 0, \quad (1)$$

- где R – текущий радиус сферической полости;
 τ – время;
 ρ – плотность жидкости;
 σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости;
 P_o – внешнее давление;
 P_a – амплитуда переменного давления;
 ω – круговая частота колебаний, распространяющихся в жидкости.

На основе уравнений Реллея, Нолтинга и Неппираса при помощи численных методов, Титовым С.В. и Шмаковым В.Д. был выполнено численное исследование процесса внутрикапельной кавитации в условиях камеры сгорания судового дизеля [4, 5].

Примем эту модель за основу для анализа динамики изменения парового пузырька в ВТЭ.

Предположим, что капля топлива содержит частицу воды. При нахождении в нагретой газовой среде часть воды превратилась в парогазовую полость. При этом, капля топлива, имеющая значительно более высокую температуру кипения, находится в жидком состоянии.

Тогда, для предлагаемой расчетной модели уравнение (1) запишется в виде

$$\left[R \frac{dR^2}{d^2\tau} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{d\tau} \right)^2 \right] \rho + \left[\Delta P(T) - \left(\frac{2\sigma_s}{R_n} + \frac{2\sigma_s}{R_s} + \frac{2\sigma_s}{R_m} \right) \right] + (P_a - P_o \sin \omega\tau) = 0. \quad (2)$$

Физический смысл уравнения (2) движения границы парогазового пузырька заключается в равновесии всех действующих на пузырек давлений в любой заданный промежуток времени.

Здесь:

– сумма равнодействующего статического и динамического давления жидкости

$$\left[R \frac{dR^2}{d^2\tau} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{d\tau} \right)^2 \right]; \quad (3)$$

– давление парогазовой смеси в пузырьке уравновешиваемое силой поверхностного натяжения на границе раздела сред

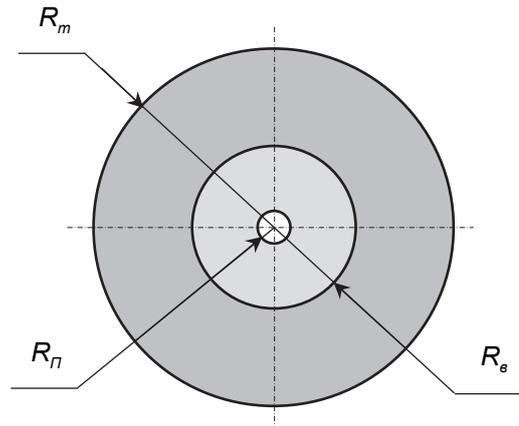


Рисунок 1 – Расчетная модель капли ВТЭ содержащей в частице воды парогазовый пузырек: R_m -радиус капли топлива; R_s -радиус частицы воды; R_n -радиус парогазового пузырька

$$\left[\Delta P(T) - \left(\frac{2\sigma_s}{R_n} + \frac{2\sigma_s}{R_s} + \frac{2\sigma_s}{R_m} \right) \right]; \quad (4)$$

– внешнее синусоидальное пульсирующее давление газовой среды в камере сгорания дизеля

$$(P_a - P_o \sin \omega \tau). \quad (5)$$

В уравнении (4)

$$\Delta P(T) = P_1 - P, \quad (6)$$

где P – давление соответствующее температуре насыщения паров воды;

P_1 – давление пара внутри пузырька.

Внутри парогазового пузырька температура пара выше температуры насыщения T_s

$$T = T_s + \Delta T. \quad (7)$$

Поэтому разность давлений $\Delta P(T)$ при зарождении парового пузырька может быть выражено через перегрев воды на границе раздела жидкой и газообразной фаз [6]

$$\Delta P(T) = P(T_s + \Delta T) - P(T_s) = \frac{dP}{dT} \Delta T + \frac{d^2P}{dT^2} \frac{\Delta T^2}{2} + \dots \approx \frac{dP}{dT} \Delta T, \quad (8)$$

где dP/dT_s – производная давления по температуре на линии насыщения, которая определяется уравнением Клаузиуса-Клапейрона

$$\frac{dP}{dT_s} = \frac{L \gamma_s \gamma_n}{A T_s (\gamma_s - \gamma_n)}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{К)}; \quad (9)$$

L – теплота парообразования, ккал/кг;

γ_s – удельный вес жидкости, кг/м³;

γ_n – удельный вес пара, кг/м³;

T_s – абсолютная температура насыщения;

A – тепловой коэффициент работы, ккал/(кг·м), равный $A = 1/427$.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости будем определять по формуле [7]

$$\sigma = \sigma_0 \left[\frac{T_2}{T_k} \right] / \left(1 - \frac{T_0}{T_k} \right), \quad (10)$$

где σ_0 – коэффициент поверхностного натяжения при исходной температуре;

T_0 – исходная температура;

T_k – критическая температура;

T_2 – температура жидкости.

Уравнение (2) движения парогазового пузырька в пульсирующей газовой среде является нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка, которое аналитически не решается.

Для его решения воспользуемся методом численного интегрирования, сущность которого состоит в том, что зная начальные условия для решения и задаваясь малым числовым значением аргумента, будем последовательно, шаг за шагом, вычислять значения функции, и ее производной. Вычисления будем производить на компьютере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Rayleigh, L. On pressure developed in a liquid during the collapse of a spherical cavity / L. Rayleigh // Philos. Mag. -1917. - Vol.34. -P. 94.
- 2 Nolting, В.Е. Cavitation produced by ultrasonic / В.Е. Nolting, Е.А. Neppiras // Proc. of the Phys. Soc. -1950. -Vol.63. -P. 674.
- 3 Перник, А.Д. Проблемы кавитации / А.Д. Перник. -Л.: Судостроение, 1966. -439 с.
- 4 Титов, С.В. Численное исследование процесса паровой внутрикапельной кавитации / С.В. Титов, И.В. Ершов // Ползунов. вестн. -2008. -№1/2. -С. 123-125.
- 5 Титов, С.В. Исследование процесса кавитации в капле тяжелого топлива, содержащей твердую частицу / С.В. Титов, В.Д. Шмаков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 175-180.
- 6 Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев. -М.; -Л.: Гос. энергет. изд-во, 1956. -392 с.
- 7 Дубовкин, Н.Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания / Н.Ф. Дубовкин. -Л.: Госэнергоиздат, 1962. -288 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физико-математическая модель, водотопливная эмульсия, парогазовый пузырек, процесс смесеобразования в дизеле

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Андрющенко Сергей Петрович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

Попков Владимир Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

Титов Сергей Владиленович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АВАРИЙНЫХ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, филиал
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей
сообщения»

Т.В. Иванова, Д.Г. Налабордин

EVALUATION OF THERMAL REGIMES EMERGENCY AXLE BOXES OF FREIGHT WAGONS

Trans-Baikal institute of railway transport, branch «Irkutsk state university of means of communication»

T.V. Ivanova, D.G. Nalabordin

The questions, evaluation of thermal conditions of the axle boxes, equipped with standard cylindrical bearings, on the basis of empirical data processing control devices.

Keywords: emergency boxen node, critical heating, thermal conditions

Рассмотрены вопросы, оценки тепловых режимов работы буксовых узлов, оснащенных стандартными цилиндрическими подшипниками, на основе обработки эмпирических данных приборов контроля.

Буксы являются важнейшими элементами ходовых частей вагона, от их надежности во многом зависит безопасность движения поездов. Буксы располагаются на шейках оси и преобразуют вращательное движение колесных пар, обеспечивая продвижение вагона с необходимыми скоростями. Они воспринимают и передают колесным парам силы тяжести груженого кузова, а также динамические нагрузки, возникающие при движении вагона по кривым участкам пути и стрелочным переводам, неровностям пути и стыкам рельсов, при наличии дефектов на поверхности катания колес и др.

Работая в таких сложных условиях нагружения и изменяющихся температурных и погодных условий окружающей среды, буксы должны обеспечивать минимальное сопротивление вращению колесных пар, высокую надежность и безопасность движения вагона.

Для выявления неисправностей вагонов служат диагностические системы КТСМ, которые способствуют повышению безопасности движения поездов, предотвращению многих случаев изломов шеек осей, сокращению количества отцепок вагонов в текущий ремонт и задержки поездов на промежуточных станциях, своевременному устранению неисправностей букс в прибывающем поезде.

Принцип действия аппаратуры КТСМ основан на восприятии чувствительными элементами импульсов инфракрасного излучения от стенок корпусов букс движущегося поезда с последующим преобразованием этих импульсов в электрические сигналы, их обработкой и выдачей информации и расположении перегретых букс в поезде. Окно вывода данных по наличию аварийных буксовых узлов в составе поезда представлено на рисунке 1.

При эксплуатации грузовых вагонов в течение 2010 г. на сети ОАО «РЖД» допущен 841 случай браковки грузовых вагонов. Проведенными расследованиями установлено [1], что случаи браков по вагонам в процентном отношении распределились следующим образом:

- грение буксового узла 94,2%;
- столкновение при маневрах 0,02%;
- задержки поездов на перегоне более 1 ч 0,02%;
- неисправности автосцепного оборудования 0,017%;
- отцепки вагонов по технологическим неисправностям 0,008%;
- сход вагонов в грузовом поезде 0,008%.

Несложный анализ допущенных случаев брака в ремонте грузовых вагонов показывает, что наибольшее количество брака в поездной работе допущено по грению буксового узла. Основные причины отказов буксовых узлов в эксплуатации представлены на рисунке 2.

В настоящее время основными особенностями алгоритмов, применяемых при отображении нагревов корпусов букс в градусах Цельсия, является: независимость пороговых критериев от температуры наружного воздуха и отсутствие алгоритмов определения типа буксовых узлов по их температуре. Тревожная сигнализация («Тревога-0», «Тревога-1», «Тревога-2») формируется в случае превышения избыточной температуры соответствующего

порогового значения.

Однако, пороговые значения по избыточной температуре достаточно высоки [2] (порог «Тревоги-1» для традиционных алгоритмов составляет 43 °С при 0 °С наружного воздуха), поэтому основную роль они играют при контроле букс с коническими подшипниками касетного типа, рабочий нагрев которых значительно выше букс с цилиндрическими подшипниками. В связи, с чем создаются предпосылки для пропуска аварийного буксового узла с цилиндрическими подшипниками на участок (перегон) с основного пункта технического обслуживания грузовых вагонов (ПТО).

К изучению вопроса динамики развития температурных режимов буксовых узлов с цилиндрическими подшипниками в условиях работы аппаратуры контроля КТСМ в градусах Цельсия и создания алгоритмов для возможности прогнозирования развития дефектов букс по температурным показаниям был задействован Забайкальский институт железнодорожного транспорта и Аналитический сектор Центра управления содержанием инфраструктуры Забайкальской ж.д. Для создания массива эмпирических данных показаний КТСМ по критическому нагреву буксовых узлов были проанализированы отцепки грузовых вагонов в течение августа – сентября 2012 г.

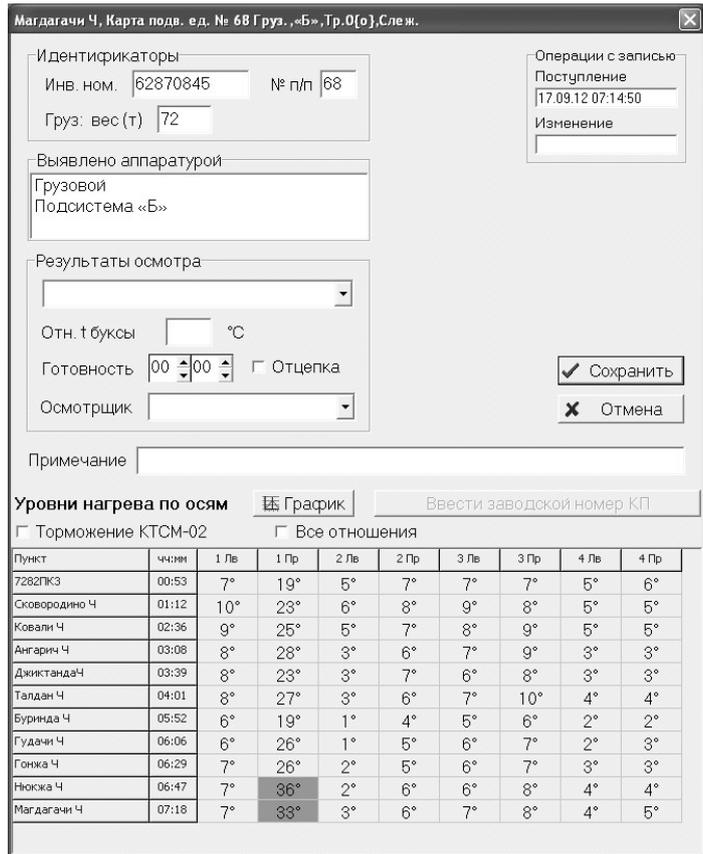
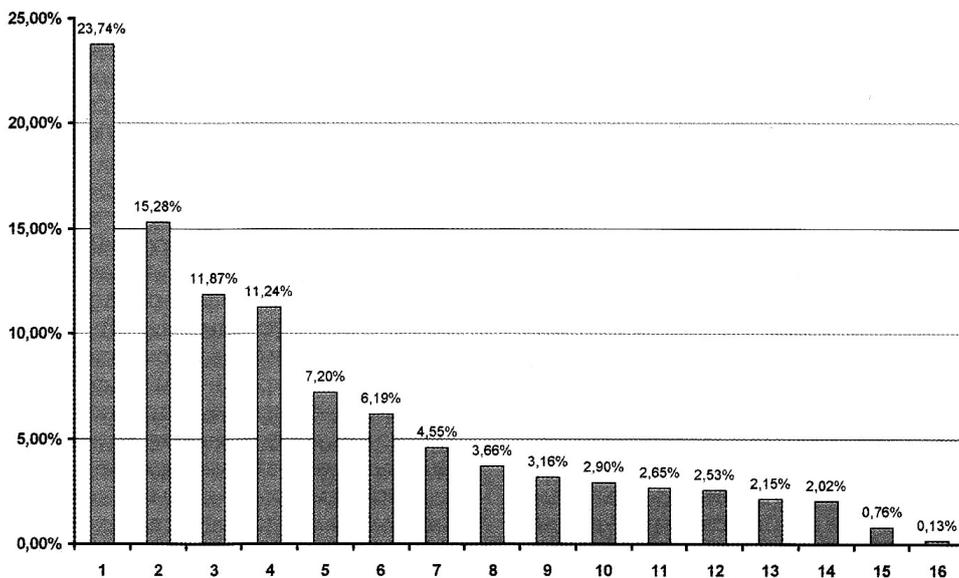


Рисунок 1 – Окно вывода данных аппаратуры контроля КТСМ-02 по аварийным буксовым узлам в режиме «слежения»



1 — неисправности колец подшипников; 2 — неисправности роликов; 3 — ослабление торцевого крепления; 4 — обводнение смазки; 5 — неправильный подбор подшипников (несоответствие радиальных и осевых зазоров); 6 — неисправности лабиринтных уплотнений; 7 — разноразмерность роликов по диаметру и длине выше допустимого; 8 — трещины, изломы упорных колец; 9 — неисправности корпусов букс; 10 — неисправности сепараторов; 11 — загрязнение смазки; 12 — неисправности тележек; 13 — разрушение торцевого крепления; 14 — недостаток (излишек) смазки; 15 — полное разрушение подшипников; 16 — наличие более допустимых дефектов на поверхности катания колес

Рисунок 2 – Основные причины отказов буксовых узлов в эксплуатации

В процессе исследования эмпирических данных показаний аппаратуры КТСМ установлено, что линия тренда распределения температуры описывается уравнением четвертого порядка и имеет следующий вид (рисунок 3).

Доказано, что распределение температурных показаний аппаратуры КТСМ подчиняется логарифмически-нормальному закону распределения [3]. Гистограмма эмпирических значений с теоретической кривой распределения представлены на рисунке 4. Основные характеристики эмпирического логарифмически-нормального распределения представлены в таблице.

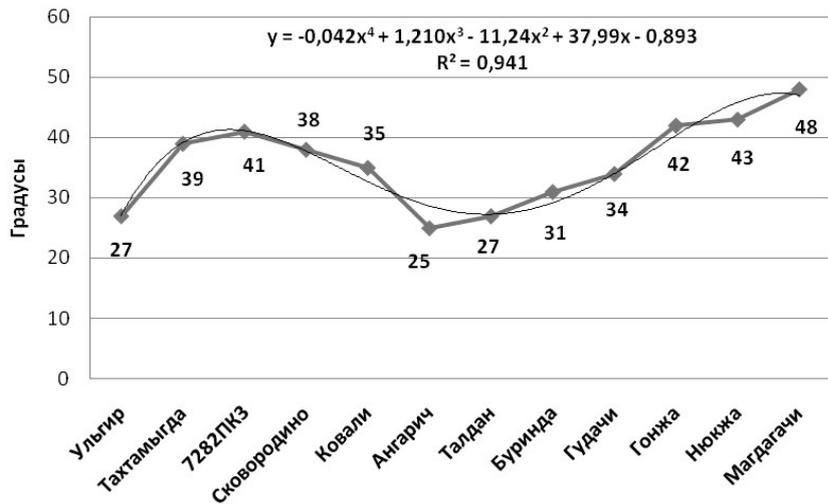


Рисунок 3 – Динамика распределения скрытых показаний КТСМ-02

Основные характеристики эмпирического логарифмически-нормального распределения представлены в таблице.

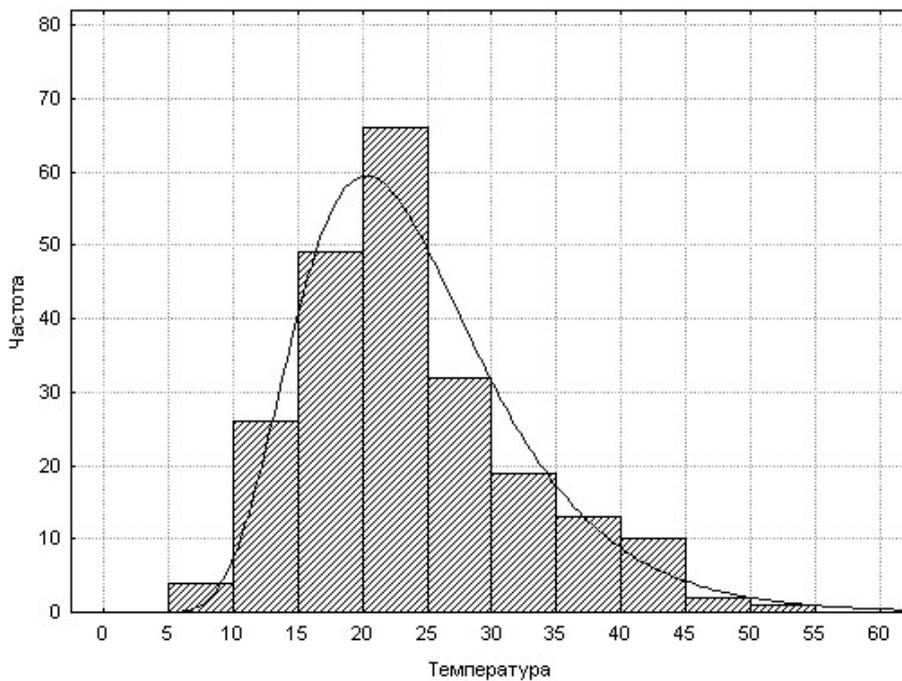


Рисунок 4 – Гистограмма распределения температур в аварийном бусовом узле

Таблица – Основные числовые характеристики эмпирического логарифмически-нормального распределения

Основные параметры распределения	Расчетная формула, обозначение параметра	Значение параметра
Плотность вероятностей	$f(x) = \frac{0,4343}{x \sigma_{\lg x}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg x - \bar{\lg} x)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right]$	–
Математическое ожидание, выборочное среднее	$\bar{y} = \bar{\lg} x = \frac{\sum m_i \lg x_i}{\sum m_i}$	24 °С
Среднее квадратичное отклонение	$\sigma_{\lg x} = \sqrt{\frac{\sum m_i \lg^2 x_i}{\sum m_i} - (\bar{\lg} x)^2}$	8 °С

На основании проведенных исследований представлены предложения Разработчику аппаратуры КТСМ ООО «ИНФОТЕКС» по внесению алгоритма «слежения» за буксовым узлом грузового вагона в случае выявления развития положительной динамики скрытых показаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Саперов, А.В. Как повысить надежность буксового узла? / А.В. Саперов // Вагоны и вагонное хоз-во. -2011. -№3. -С. 13-14.
- 2 Автоматизированная система контроля подвижного состава «АСК ПС»: изм. и доп. в версии 2.0.7.6. -Екатеринбург, 2009. -19 с.
- 3 Статистические методы обработки эмпирических данных / ВНИИНМАШ. -М.: Изд-во стандартов, 1978. -230 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *аварийный буксовый узел, критический нагрев, тепловой режим*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Иванова Татьяна Владимировна, канд. техн. наук, доцент ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *Налабордин Денис Геннадьевич, ассистент ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»
672040, г. Чита, Магистральный переулок, 11, ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»*

МЕТОДИКА ПОДАВЛЕНИЯ КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ 0,4 кВ «БЕРЕГ-СУДНО»

Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Н. Иванов, В.И. Клеутин

METHODS CONDUCTIVE ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE SUPPRESSION IN 0,4 kV TRANSMISSION SYSTEM «SHORE-TO-SHIP»

Omsk institute of water transport, branch «Novosibirsk state academy of water transport»
M.N. Ivanov, V.I. Kleutin

A method of suppressing the conducted electromagnetic interference in the 0,4 kV transmission system «shore-to-ship» Improved quality of the operation of the power

Keywords: conducted hindrance, floating crane, food center, tension regulation

Предложен метод подавления кондуктивных электромагнитных помех в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно». Повышена качество функционирования этой электропередачи.

Электроэнергия является важной фактором жизни человека. Бесперебойность и качество электроэнергии являются важными составляющими экономики и безопасности жизни. Существенно снижают качество электроэнергии электромагнитные помехи. Их разделяют на кондуктивные помехи и индуктивные помехи в зависимости от места появления их в сети или в пространстве [1]. Проведем исследование кондуктивных помех возникающих в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно».

В результате проведенных измерения показателей качества электроэнергии на плавкране типа КПЛ-5-30 (измерения проводились на шинах КТП 10 кВ (рисунок 1) и на ГРЩ 0,4 кВ) при электроснабжении судна с берега не обнаружили существенного влияния на ЭМО в береговой сети 10 кВ кондуктивных ЭМП по отклонению напряжения 0,4 кВ в электропередаче «берег-судно». Это показывает, что центром питания (ЦП) рассматриваемой электропередачи являются шины 0,4 кВ понижающего трансформатора ТМ-400/10. Это положение не противоречит классическому определению ЦП [4]. В связи с этим в дальнейшем будем исходить из того, что: ЦП электропередачи 0,4 кВ «берег-судно» является отдельная трансформаторная подстанция (ТП), имеющее устройство для регулирования напряжения, к которой подключена судовая электрическая нагрузка; кондуктивная ЭМП по отклонению напряжения на шинах 0,4 кВ ГРЩ по своему физическому смыслу являются параметром достоверно (с вероятностью 0,95) характеризующим режим напряжения сети за расчетный период; запас устойчивости по напряжению судовых электроприемников соответствует расчетным (проектным) значениям при отсутствии кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения δU_n на ГРЩ.

Таким образом, математическое ожидание кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно» $M[\delta U_n]$ является основной величиной, на ко-

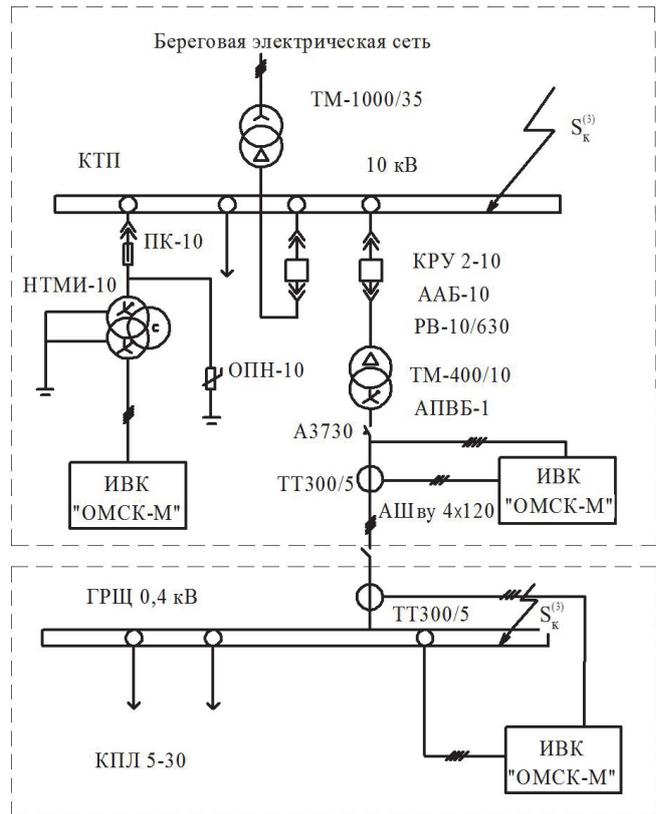


Рисунок 1 – Электрическая схема электроснабжения плавкрана типа КПЛ-5-30 с аппаратурой средств измерений при экспериментальных исследованиях

тору необходимо изменить математическое ожидание напряжения на ГРЩ $M[\delta U'_n]$. В общем случае, уставка регулятора напряжения ΔU_p в ЦП определяется по математическим моделям в зависимости от знака величины $M[\delta U'_n]$. Если $M[\delta U'_n] > 0$ (напряжения в электропередаче повышенные) то имеем

$$|-\Delta U_p| = K_3 M[\delta U'_n], \quad (1)$$

где K_3 – коэффициент запаса настройки регулятора запаса настройки регулятора напряжения, равный $K_3 = 1,15$.

Если $M[\delta U'_n] < 0$ (напряжение в сети пониженное), то соответственно

$$\Delta U_p = | -K_3 M[\delta U'_n] |. \quad (2)$$

Однако, в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно» величина $M[\delta U'_n]$ по своей природе может иметь только знак минус, такой же как в узле нагрузки береговой (промышленной) сети 0,4 кВ с грузоподъемными кранами. В таком узле нагрузке рекомендуется режим стабилизации напряжения [2, 3, 5]. Принимая это во внимание, закон регулирования напряжения в ЦП представляется математической моделью

$$U_p = U(1 + \Delta U_p), \quad (3)$$

где ΔU_p – уставка регулятора напряжения, о.е.

На рисунке 2 показана геометрическая интерпретация математической модели (3), а на рисунке 3 представлена блок-схема АРН, реализующего предложенный закон стабилизации напряжения.

Экспериментальная проверка, предложенной методики подавления кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения путем регулирования напряжения в центре питания, осуществлялась в исследуемой электропередаче 0,4 кВ «берег-судно». Кондуктивная ЭМП $M[\delta U'_n] = -4,2\%$, $\sigma[\delta U'_n] = 8,03\%$ была подавлена путем ручного переключения ПБВ трансформатора типа ТМ-400/10 (см. рисунок 1) на величину $2 \times 2,5\%$.

Таким образом, техническая задача по повышению качества функционирования электропередачи 0,4 кВ «берег-судно» решена при полном подавлении кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения. Актуальность решения этой задачи обуславливается значительным физическим износом судов водного транспорта. Из-за этого изоляция судовых электроэнергетических систем снижает помехоустойчивость электрооборудования и систем регулирования и управления.

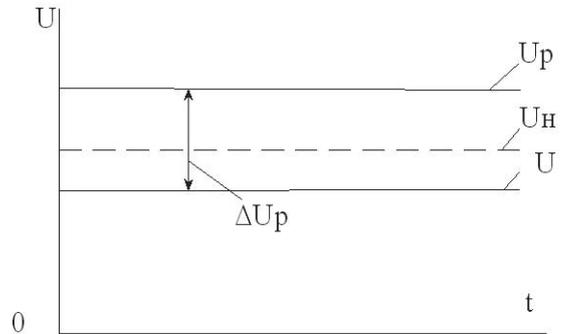


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация математической модели предполагаемого закона регулирования напряжения в центре питания

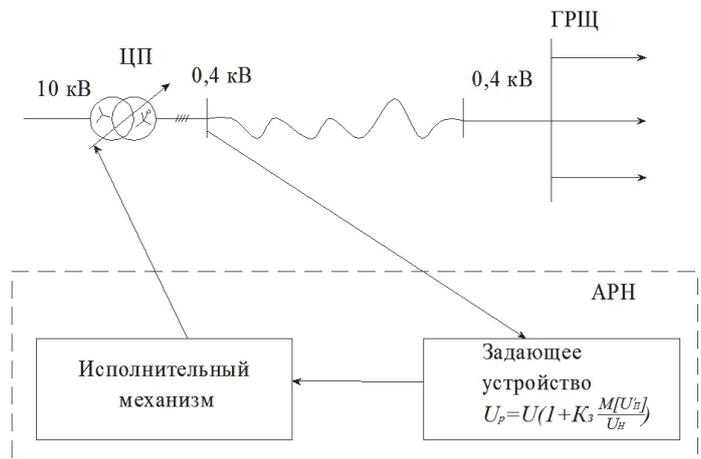


Рисунок 3 – Блок-схема автоматического регулятора, реализующего предложенный закон стабилизации напряжения в центре питания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Основы электромагнитной совместимости: учеб. для вузов / Н.А. Володина [и др.]; под ред. Р.Н. Карякина. -Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 2007. -480 с.
 2 Сальников, В.Г. Руководство по выбору структуры и параметров системы электроснабжения предприятия с мощными сериями электролизёров цветных металлов / В.Г. Сальников. -М.: Металлургия, 1985. -78 с.
 3 Основы инженерного творчества: учебник / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2011. -466 с.: цв. ил.

4 Шойко, В.П. Автоматическое регулирование в электрических системах: учеб. пособие / В.П. Шойко. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-т, 2012. -195 с.

5 Долгов, А.П. Устойчивость электрических систем: учеб. пособие / А.П. Долгов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-т, 2010. -176 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *кондуктивная помеха, плавкран, центр питания, регулирование напряжения*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Иванов Михаил Николаевич, канд. техн. наук, докторант ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Клеутин Владислав Иванович, аспирант ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644043, г. Омск, ул. Ивана Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛА НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ ПЛАВКРАНА ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОТ БЕРЕГОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО
«Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.Н. Иванов, В.И. Клеутин

SITE RESILIENCE LOAD VOLTAGE FLOATING CRANE WITH ELECTRICITY FROM SHORE POWER SUPPLY
Omsk institute of water transport, branch «Novosibirsk state academy of water transport»
M.N. Ivanov, V.I. Kleutin

And scans on stability of the node floating crane load at 5-30 CPL electricity from shore power

Keywords: stability of the site electrical load, power quality, conducted interference, floating crane, the safety factor

Произведена проверка на устойчивость узла нагрузки плавкрана КПЛ 5-30 при электроснабжении от береговой сети.

Устойчивость узла электрической нагрузки – способность возвращаться к исходному установившемуся режиму после различного рода возмущений. Областью устойчивости называется зона значений параметров режима узла электрической нагрузки, в которой устойчивость его при данном возмущении обеспечена. Различается статическая и динамическая устойчивость узла электрической нагрузки.

Для проверки устойчивости узла нагрузки был выбран плавкран типа КПЛ 5-30 (КПЛ-667 ООО «Селена» г. Омск), работающий на разгрузке песка с барж на реке Иртыш на берег. В результате исследования электромагнитной обстановки (ЭМО) в период с в течение двух суток 15.08.2011 г. и 17.08.2011 г. установлено нарушение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в системе электропередачи «берег-судно». Была обнаруженная кондуктивная ЭМП по отклонению напряжения на шинах 0,4 кВ главного распределительного щита плавкрана, которая, снижает качество функционирования электропередачи «берег-судно». И тем самым обуславливает потребность в исследовании устойчивости узла нагрузки по напряжению плавкрана при электроснабжении от береговой электрической сети.

Коэффициент запаса устойчивости узла нагрузки главного распределительного щита плавкрана по напряжению рекомендуется определять по формуле [1, 6, 7]

$$K_{(U)} = \frac{U - U_{KP}}{U}, \quad (1)$$

где U – напряжение в узле в рассматриваемом режиме, В;

U_{KP} – критическое напряжение в том же узле, соответствующее границе статической устойчивости асинхронных двигателей, В.

Для крановых электродвигателей плавкрана КПЛ 5-30 серии 4МТН 280 S10 критическое напряжение составляет менее 70% от номинального напряжения. Поэтому, учитывая, что эти электродвигатели при погрузо-разгрузочных работах определяют электрическую нагрузку, принимаем $U_{KP} \approx 0,7U_H$ [3].

В таблице приведены расчетные значения коэффициента запаса устойчивости ГРЩ по напряжению и электрические значения вероятности падения напряжения в интервалы ИВК «Омск-М», которые обуславливают появление кондуктивной ЭМП по отклонению напряжения. Опытное изучение эквивалентности $K_{(U)} = f(P_s)$ позволяет выбрать вид эмпирической математической модели [4, 5]

$$y = x^b. \quad (2)$$

Таблица – Расчётное значение по интервалам вероятности появления коэффициента запаса устойчивости нагрузки по напряжению

Среднее значение отклонения напряжения по интервалам, %	-23,625	-18,375	-13,125	-7,875
Среднее значение напряжения в интервале, В	290	310	330	350
Коэффициент запаса устойчивости нагрузке по напряжению $K_{(U)}$, о.е.	0,0789	0,138	0,186	0,2391
Вероятность попадания напряжения в интервал P_s , о.е.	0,02	0,058	0,147	0,207
Функция $K_{(U)} = f(P_s)$ в середине интервала	0,0311	0,1	0,182	0,247

Возможность применения уравнения (2) для прогнозирования коэффициента $K_{(U)}$ в течение цикла ПРР определялась методом выравнивания. В данном случае, выравнивается $X = \lg x$ и $Y = \lg y$ [4].

Определение постоянного коэффициента b , входящего в формулу (2), производится методом средних [4]. В результате расчетов получена эмпирическая математическая модель для прогнозирования коэффициента запаса устойчивости нагрузки по напряжению $K_{(U)}$ в течение рабочего цикла ПРР плавкрана от вероятности P появления определенного уровня напряжения 0,4 кВ (U/U_n) в электропередаче 0,4 кВ «берег-судно».

$$K_{(U)} = P^{0,8866} \quad (3)$$

Геометрическая интерпретация этой модели представлена на рисунке. В пределах отклонения напряжения на ГРЩ от $0,7U_n$ до U_n функция $K_{(U)} = f(P)$ является аналитической. Она не имеет точек и линий разрыва, дифференцируемая. Аналитичность этой функции соответствует условиям Коши-Риммана [4].

Относительная ошибка расчетов по эмпирической модели (3) с вероятностью 0,95 не превышает $\pm 14\%$. Областью применения этой модели являются электрические сети 0,4 кВ плавкранов водного транспорта при электроснабжении судов от береговых сетей.

Таким образом, экспериментально установлено, что: коэффициент запаса устойчивости по напряжению нагрузки плавкрана в течение рабочего цикла ПРР с вероятностью 0,95 находится в пределах от $0,0789 \approx 0,8$ до $0,2391 \approx 0,24$, а вероятность его появления в пределах от 0,02 до 0,2; электромагнитная совместимость технических средств в электропередаче «берег-судно» не обеспечивается, поэтому кондуктивную ЭМП по отклонению напряжения должна быть подавлена [2].

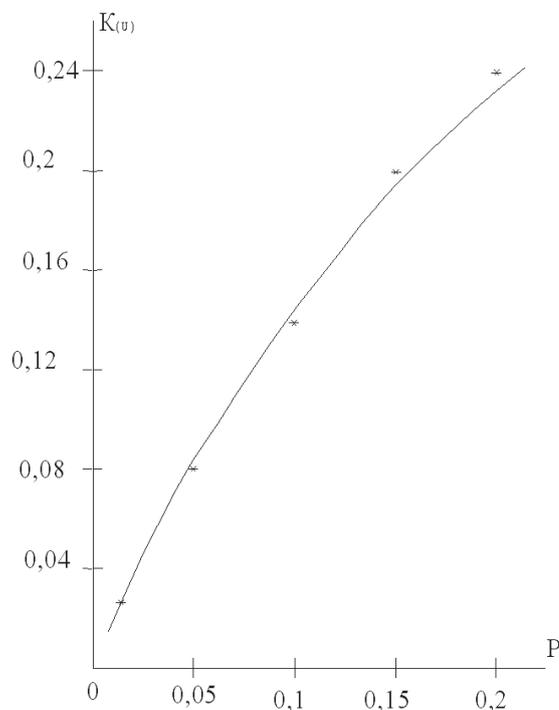


Рисунок – График зависимости коэффициента запаса устойчивости нагрузки по напряжению на шинах 0,4 кВ ГРЩ в течение одного цикла ПРР плавкрана от вероятности уровня напряжения в электропередаче «берег-судно»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. В 2 т. Т.2. Электрооборудование / В.Г. Сальников [и др.]; под общ. ред. А.А. Фёдорова. -М.: Энергоатомиздат, 1987. -487 с.
- 2 Клеутин, В.И. Определение отклонения напряжения в линии электропередачи «берег-судно» / В.И. Клеутин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. – 2012. – № 1. – С. 336-339.
- 3 Определение параметров кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям общего назначения / В.И. Клеутин [и др.] // Эффективное и качественное снабжение и использование энергии: сб. докл. 1-го науч.-практ. семинара с междунар. участием в рамках выст. «Энергосбережение, отопление, вентиляция, водоснабжение, в пром-ти и ЖКХ», Екатеринбург, 11-13 мая 2011 г. -Екатеринбург, 2011. -С. 95-99.
- 4 Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. -М.: Наука, 1981. -721 с.
- 5 Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. -М.: Наука, 1975. -872 с.
- 6 Регулирование уровня напряжения в электрических сетях предприятий водного транспорта / А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, А.А. Руппель, А.А. Сидоренко // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 339-341.
- 7 Веников, В.А. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах / В.А. Веников, В.И. Идельчик,

М.С. Лисеев. -М.: Энергоатомиздат, 1984. -216 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *устойчивость узла электрической нагрузки, показатели качества электроэнергии, кондуктивная помеха, плавкран, коэффициент запаса устойчивости*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Иванов Михаил Николаевич, канд. техн. наук, докторант ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Клеутин Владислав Иванович, аспирант ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644043, г. Омск, ул. Ивана Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕНАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.А. Кручинин, И.Г. Мироненко, М.В. Рябов, В. Г. Сальников

THE SOFTWARE OF WIRELESS DIAGNOSTIC FACILITIES FOR LINE SURGE ARRESTERS

«Novosibirsk state academy of water transport»

M.A. Kruchinin, I.G. Mironenko, M.V. Ryabov, V.G. Sal'nikov

Given article presents choice of a development environment and libraries for the program codes. The network layer of diagnostic sensor net for line surge arresters is described.

Keywords: ZigBee, SMAC, diagnostics, surge arresters

Рассматривается выбор средств разработки программного кода и основные принципы организации сети датчиков для диагностики нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН).

Данная статья описывает ряд оригинальных решений примененных в наборе микропрограмм, используемых в измерительных постах и пульте сбора данных беспроводного диагностического комплекса для контроля состояния линейных ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН), разрабатываемого в рамках государственного контракта 16.516.11.6121

Разработанные программы созданы на базе библиотеки SMAC [1] от компании Freescale, которая реализует физический уровень международного стандарта IEEE 802.15.4 [2] Необходимо пояснить почему был сделан выбор столь низкого, с точки зрения технологии ZigBee [3], уровня. Во-первых это весьма бюджетное решение, не требующее значительных расходов на покупку специализированного программного обеспечения. Во-вторых это позволяет использовать особенности диагностической сети о которой будет сказано далее, при которых стандартные решения технологии ZigBee не являются оптимальными.

Беспроводная сеть для диагностики линейных ОПН имеет следующие особенности:

– Выход сети за рамки POS (Personal Operation Space), то есть не все устройства находятся в радиовидимости координатора. В нашем случае в поле зрения измерительного поста будут датчики на нескольких ближайших смежных опорах.

– Линейная топология.

– Редкая переконфигурация сети, то есть добавление или исключение новых датчиков.

– Заранее известное, по факту монтажа, соответствие подключенных измерительных постов и контролируемых аппаратов.

Для упрощения программного обеспечения, целесообразно распределить сетевые адреса по восходящей от пульта сбора данных, имеющего 0 адрес. Это можно достигнуть либо организационными мерами при монтаже сети с датчиками уже имеющими сетевые адреса, либо используя специальную процедуру распределения адресов. Важно отметить, что управление сетью можно вынести на персональный компьютер, сопряженный с пультом сбора данных, что существенно снизит аппаратные требования датчиков и следовательно удешевит их.

Передача данных в сети осуществляется пакетно. Рассмотрим структуру заголовка пакета

```
typedef struct{
    UINT8 NET; // сеть
    UINT8 DST; // конечный получатель пакета
    UINT8 SRC; // начальный отправитель
```

```

UINT8 RCV; // получатель
UINT8 SND; // отправитель
UINT8 CMD; // команда

```

```
} tProtHdr;
```

Дальнейший набор полей зависит от команды. В настоящее время протокол опроса датчиков использует четыре основных команды: создание таблицы соседства, запрос статуса измерительного поста, запуск измерения, получение данных измерения. Рассмотрим их более подробно.

Создание таблицы соседства (CMD_NBH_CREATE). Описание структуры пакета:

```

typedef struct{
    tProtHdr H; // общий заголовок протокола
    UINT8 NCID; // идентификатор построения сети
} tNbhHdr; // заголовок команды построения сети CMD_NBH_CREATE

```

В качестве параметра передается идентификатор создания сети. Измерительный пост при получении пакета сравнивает текущий идентификатор со значением в пакете, при совпадении таблица обнуляется и заполняется информацией из текущего пакета и при поступлении следующих пакетов с соответствующим идентификатором. Данная команда распространяется в широкоэвещательном режиме в направлении от пульта сбора данных к последнему измерительному посту. Механизм широкоэвещательности использует возрастание сетевого адреса измерительных постов при удалении от пульта сбора данных. При получении пакета пост сравнивает адрес отправителя со своим, если адрес отправителя меньше, то запускается таймер с задержкой пропорциональной разности в адресах. Если во время ожидания приходит еще один пакет, от поста с меньшим сетевым адресом, то таймер перезапускается, если пакетов не было, то пост отправляет пакет сам.

Запрос статуса измерительного поста (CMD_STATUS). При запросе дополнительные параметры не используются. При ответе используется следующая структура пакета:

```

typedef struct{
    tProtHdr H; // общий заголовок протокола
    byte TaskID; // номер задания
    word DataSize; // размер измеренных данных
    word DataReq; // размер требуемых данных
} tStatusPck; // Пакет ответа на запрос статуса CMD_STATUS

```

Команда используется для подтверждения факта завершения нового измерения, инициированного командой запуска. При успешном завершении измерения в ответном пакете счетчик данных DataSize равен количеству требуемых данных DataReq и номер задания TaskID соответствует заданному.

Запуск измерения (CMD_START). Описание структуры пакета:

```

typedef struct{
    tProtHdr H; // общий заголовок протокола
    byte TaskID; // номер задания
    word DataSize; // размер требуемых данных
    word Modulo; // задает частоту дискретизации АЦП
    byte PreScale; // задает частоту дискретизации АЦП
} tStartPck; // Пакет команды запуска CMD_START

```

В настоящей реализации команда посылается каждому датчику индивидуально. В дальнейшем возможен вариант широкоэвещательного использования. Команда посылается

Параметры: адрес измерительного поста. Идентификатор задания. Параметры делителя частоты микроконтроллера.

Получить данные с измерительного поста (CMD_RCV). Описание структуры пакетов запроса и ответа:

```

typedef struct{
    tWord St; // Смещение, стартовый адрес
    UINT8 Size; // Размер данных
} tRdPie; // Описание фрагмента данных
typedef struct{
    tProtHdr H; // общий заголовок протокола
    byte Ch; // идентификатор канала АЦП
    byte PieCnt; // кол-во затребованных фрагментов

```

```

tRdPie Pies[5]; // описание затребованных фрагментов
} tRcvHdr; // Пакет команды запроса данных CMD_RECV
typedef struct{
    tProtHdr H; // общий заголовок протокола
    byte TaskID; // номер задания
    byte Ch; // идентификатор канала АЦП
    tRdPie Pie; // описание фрагмента
    byte Data[90]; // данные фрагмента
} tRcvAns; // Пакет команды передачи данных CMD_RECV
    
```

Возможно два направления передачи: от пульта сбора данных к заданному измерительному посту и в обратном направлении. Конечные точки маршрута определяются полями DST и SRC. Одно из них будет иметь адрес узла, равный нулю, то есть адресу пульта сбора данных.

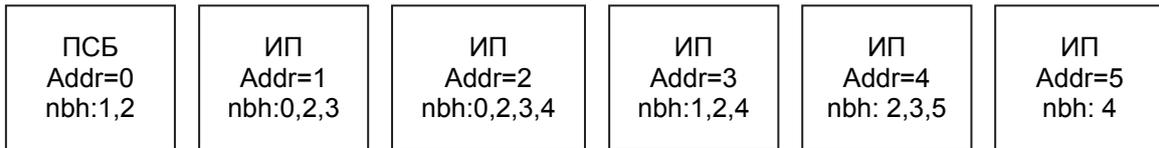


Рисунок 1 – Схема диагностической сети

На рисунке 1 приведена схема небольшой диагностической сети, на примере которой можно понять принципы работы протокола передачи данных. Следует обратить внимание на то что нумерация адресов узла идет по восходящей от пульта сбора данных до конечного измерительного поста. Это обеспечивается организационными методами при монтаже сети, либо можно разработать протокол назначения сетевых узлов.

Приведем последовательность передаваемых кадров при передаче пакета от ПСБ к конечному узлу 5 и обратно (таблица):

Таблица – Последовательность передаваемых кадров

DST	SRC	RCV	SND
5	0	2	0
5	0	4	2
5	0	5	4
0	5	4	5
0	5	2	4
0	5	0	2

При получении пакета ИП проверяет соответствие полей кадра NET и RCV со своими NetAddr (адрес сети) и NodeAddr (адрес узла). При совпадении производится проверка на соответствие DST и NodeAddr. Если они совпадают, то пакет пришел по назначению, иначе пакет передается к следующему ближайшему к адресату посту.

```

if ((Hdr(Rx)->NET == NetAddr &&
    (Hdr(Rx)->RCV == NodeAddr || Hdr(Rx)->RCV == RCV_BROADCAST))
    {
        if (Hdr(Rx)->DST==RCV_BROADCAST){
            // Обработка широковещательных пакетов
        }
        else if (Hdr(Rx)->DST==NodeAddr){
            // Пакет пришел по назначению
        }
        else {
            // Ретрансляция пакета к узлу назначения
        }
    }
    
```

Протокол диагностики работает следующим образом:

- Запуск процесса формирования таблиц соседства в широковещательном режиме. Таким образом проверяется наличие работоспособных датчиков.
 - Выдача команды на запуск измерения по определенным адресам.
 - Проверка статусов датчиков на предмет успешности измерения.
 - Запрос данных, в данном случае осциллограммы токов через ОПН.
 - Обработка данных на персональном компьютере оператора. Выдача предупреждений в случае необходимости.
 - Переход сети в спящий режим и запуск по новой через заданное время.
- Целью данной статьи было показать, что использование собственных протоколов может

дать существенный выигрыш при разработке беспроводного диагностического комплекса.

Подготовлено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК №16.516.11.6121 от 23 августа 2012 г.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Simple Media Access Controller (SMAC). User guide.
- 2 IEEE 802.15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)
- 3 ZigBee Specification.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ZigBee, SMAC, диагностика, ограничитель перенапряжений
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кручинин Максим Анатольевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Мироненко Игорь Геннадьевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Рябов Максим Викторович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЕСПРОВОДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.А. Кручинин, И.Г. Мироненко, М.В. Рябов

THE EXPERIMENTAL-INDUSTRIAL TEST OF THE WIRELESS DIAGNOSTIC FACILITIES FOR LINE SURGE ARRESTERS
«Novosibirsk state academy of water transport»
M.A. Kruchinin, I.G. Mironenko, M.V. Ryabov

In the article there are results of a field test on wireless diagnostic facilities for line surge arresters.

Keywords: wireless diagnostics, surge arresters

Приведены результаты полевых испытаний беспроводного диагностического комплекса нелинейных ОПН в сетях низкого напряжения.

Опытные-промышленные испытания опытного образца диагностического комплекса, описанного в настоящем сборнике, были проведены на воздушной линии электропередач 0,4 кВ ЗАО «РЭС» филиал «Черепановские электрические сети».

Измерительные посты (20 шт.) были установлены на опоры воздушной линии электропередач 0,4 кВ по одному посту на одной опоре и подключены к линии (рисунок 1).

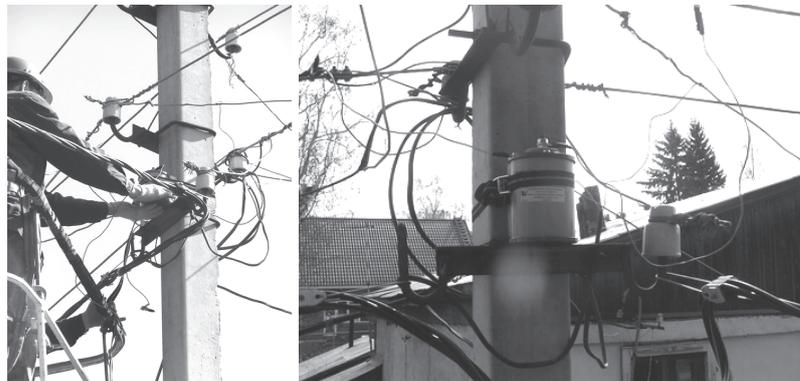


Рисунок 1 – Установка измерительных постов на воздушной линии 0,4 кВ

К переносному компьютеру посредством USB-кабеля был подключен пульт сбора данных. К пульту сбора данных посредством кабеля была подключена антенна и сориентирована в направлении первого измерительного поста (рисунок 2). Запущена головная программа и произведена ее настройка.

После настройки головной программы был запущен цикл опроса измерительных постов. Копии экранов работающей головной программы приведены на рисунке 3.

В таком режиме комплекс проработал в течение часа. Ток через варисторы составил 0,46-0,47 мА, что соответствует результатам проверки варисторов в испытательной лаборатории.

В течение испытания головная программа фиксировала общее количество сеансов связи и сеансов, окончившихся неудачей. Общее количество сеансов составило 2181, количество неудачных – 9, или 0,41%. Таким образом, надежность передачи информации состави-

ла не менее 99,5%. На рисунке 4 видно общее количество сеансов и количество неудач.



а)



б)

Рисунок 2 – Переносной компьютер с подключенным пультом сбора данных (а) и антенна (б)

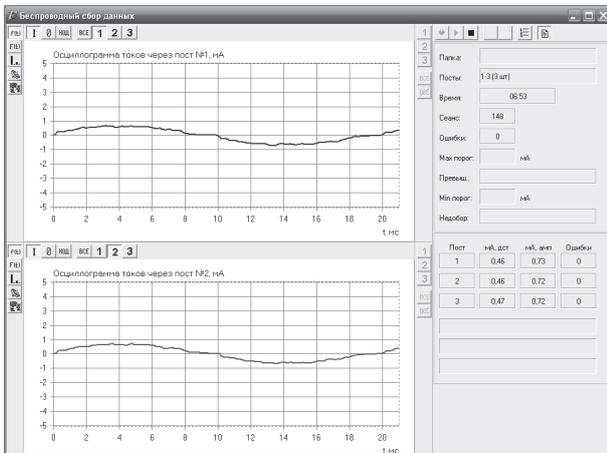


Рисунок 3 – Копия экрана работающей головной программы

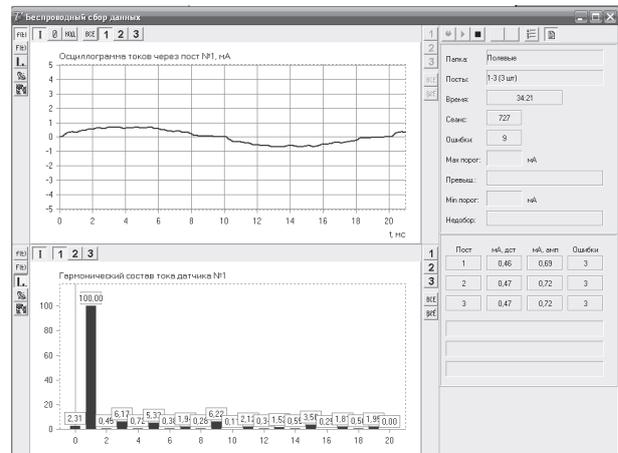


Рисунок 4 – Копия экрана работающей головной программы

Подготовлено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК №16.516.11.6121 от 23 августа 2012 г.)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: беспроводная диагностика, ограничитель перенапряжений
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кручинин Максим Анатольевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Мироненко Игорь Геннадьевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Рябов Максим Викторович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

С.В. Горелов, М.А. Кручинин, М.В. Рябов

THE APPLICATION OF WIRELESS COMMUNICATIONS FOR A LINE SURGE ARRESTERS MONITORING
 «Novosibirsk state academy of water transport»
 S.V. Gorelov, M.A. Kruchinin, M.V. Ryabov

The reasons for an application of wireless communications on a line surge arresters monitoring are considered. Also this article describes the functional scheme of the diagnostic facilities, using the Zigbee technology for communications.

Keywords: wireless communications, Zigbee, leakage current, surge arrester

Приведены обоснования использования беспроводной диагностики линейных ОПН. Описана функциональная схема работы диагностического комплекса, использующего технологию Zigbee для передачи данных.

Общее описание. Тема защиты изоляции воздушных линий (ВЛ) при помощи ограничителей перенапряжений (ОПН) в России достаточно нова. В 2011 году в ФСК ЕЭС принята комплексная программа по повышению грозоупорности магистральных воздушных линий электропередач. На первом этапе предполагается в течение 2011-2015 гг. повысить грозоупорность линий электропередач напряжением от 220 до 500 кВ включительно за счет применения ОПН. Для энергокомпаний отключение крупных линий обходится слишком дорого и поэтому актуальность темы повышения грозоупорности линий и надежности энергоснабжения потребителей не вызывает сомнения.

Ограничители перенапряжений устанавливаются на опорах ВЛ параллельно подвесным изоляторам и предотвращают их перекрытие при возникновении грозовых и коммутационных перенапряжений.

Для подстанционных ограничителей тема диагностики проработана достаточно хорошо. Существуют различные приборы для контроля тока утечки ограничителей, проработаны методики измерений. В этом случае оперативный персонал с требуемой периодичностью производит измерение тока утечки для дальнейшего анализа. Данный способ получил широкое распространение ввиду его относительной дешевизны. Однако ему присущ и очевидный недостаток ввиду малой периодичности измерений. Как правило – это раз в год перед грозовым сезоном. Существуют и системы непрерывного мониторинга тока утечки. На сегодняшний день данный метод большого распространения не получил во-первых потому что он дороже, а во-вторых – реализован он был относительно недавно.

Однако, ни один из существующих методов диагностики ограничителей нельзя в полной мере применить к ОПН, установленным на ВЛ, ввиду их значительной протяженности.

Поэтому и родилась идея использовать современную элементную базу для построения беспроводного диагностического комплекса. Предполагается, что диагностический комплекс будет состоять из автономных измерительных постов и пульта сбора данных.

Измерительные посты предназначены для измерения тока утечки ОПН и передачи данных на пульт сбора данных для дальнейшего анализа и сохранения. Последовательно каждому диагностируемому ограничителю перенапряжений устанавливается измерительный пост – устройство, сочетающее в себе функции измерительного прибора и приемопередающего устройства. Фотография диагностического комплекса, состоящего из трех измерительных постов и пульта сбора данных, приведена на рисунке 1. В отличие от известных типов устройств мониторинга измерительные посты могут связываться по протоколу ZigBee как с пультом сбора данных, так и между собой. Результаты измерений передаются по протоколу ZigBee от одного измерительного поста к другому по цепочке вдоль ВЛ, вплоть до пульта сбора данных, установленного на подстанции. В качестве пульта сбора данных используется персональный компьютер с подключенным по USB-кабелю приемопередающим блоком. Накопление, отображение, анализ и архивирование полученных результатов измерений происходит на персональном компьютере при помощи специального программного обеспечения.



Рисунок 1 – Беспроводный диагностический комплекс

Работа измерительного поста. Функционирует измерительный пост 1 следующим образом (рисунок 2). Сигнал, пропорциональный общему току проводимости диагностируемого ограничителя перенапряжений 4, подается с трансформатора тока 6 на блок усилителей 8. Аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера 10 переводит данный сигнал в цифровую форму, осуществляет необходимую обработку и при помощи приемо-передающего модуля 11 передает полученные результаты либо на следующий измерительный пост, либо на пульт сбора данных. Блок усилителей 8 используется для приведения выходного уровня сигнала трансформатора тока 6 к рабочему диапазону аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера 10. Блок опорных напряжений 9 выдает на микроконтроллер 10 высокостабилизированные напряжения, определяющие рабочий диапазон аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера 10.

Напряжение с низковольтного варистора 5 используется в качестве источника энергии, которое преобразуется в блоке питания 7 в постоянное напряжение 3,3 В, используемое для питания всей электронной части измерительного поста. Такое решение позволяет отказаться от аккумуляторов, что позволяет повысить надежность работы устройства в целом, так как аккумуляторы имеют недостаточный для применения в данном устройстве рабочий температурный диапазон. Кроме того, аккумуляторы необходимо периодически заменять ввиду их разряда и сульфатации, что неудобно при расположении измерительных постов вдоль по линии длиной несколько сотен километров.

Измерительный пост подключается последовательно диагностируемому ОПН, поэтому в процессе эксплуатации подвергается тем же самым воздействиям, что и ОПН, а значит должен быть способен выдерживать их без повреждений.

Наибольшую опасность для измерительного поста, а точнее для электронных компонентов представляют импульсные воздействия, которые с одной стороны могут наводить в замкнутых контурах значительные токи, а с другой стороны – могут наводить значительные разности потенциалов. В конструкции измерительного поста предусмотрены различные технические решения для снижения влияния больших импульсных токов на электронную начинку измерительного поста.

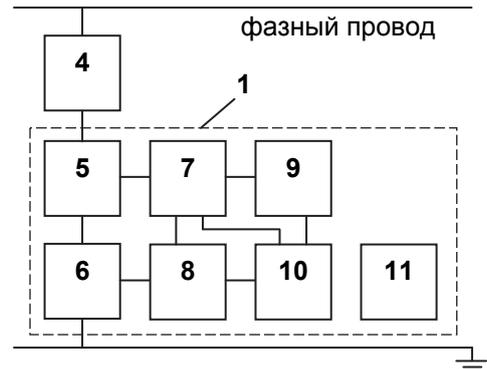


Рисунок 2 – Блок-схема измерительного поста

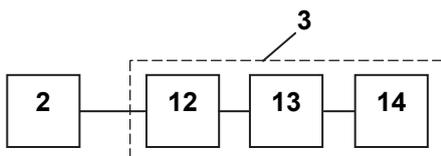


Рисунок 3 – Блок-схема пульта сбора данных

Работа пульта сбора данных (рисунок 3). Пульт сбора данных 3 имеет в своем составе блок USB-интерфейса 12, микроконтроллер 13 и приемо-передающий модуль 14. Микроконтроллер 13 при помощи приемо-передающего модуля 14 организует двухстороннюю связь между программным обеспечением, расположенном на персональном компьютере 2, и цепочкой измерительных постов. От программного обеспечения к измерительным постам исходят команды, а в обратном направлении поступают результаты измерений.

Программное обеспечение используется для обработки, отображения и сохранения полученных результатов измерений и по каждому диагностируемому ОПН.

Работа диагностического комплекса в сборе. Диагностический комплекс работает следующим образом. После окончания монтажных работ по подключению измерительных постов последовательно диагностируемым ограничителям и включения воздушной линии под рабочее напряжения через ограничители начинает протекать ток порядка 0,3-2,5 мА. Блок питания измерительных постов начинает заряжать накопительные емкости и через некоторое время напряжение достигнет 2,8 В, при котором начинают работать все блоки измерительного поста. Измерительные посты находятся в состоянии приема сигналов и готовы к работе.

Главное программное обеспечение, расположенное на персональном компьютере, производит настройку параметров сети и запускает цикл опроса измерительных постов. Необходимо заметить, что пульт сбора данных напрямую связывается только с несколькими первыми измерительными постами в цепочке. В дальнейшем команды головного программ-

ного обеспечения передаются по цепочке от одного измерительного поста к другому вплоть до последнего.

Запуская цикл опроса измерительных постов, головная программа в качестве дополнительных параметров передает значения частоты дискретизации, количество точек и т.д. Эта команда распространяется вдоль по цепочке измерительных постов, то есть, получив команду, измерительный пост передает ее дальше по цепочке и затем приступает к ее выполнению.

В обратном направлении, также по команде головной программы, собираются, обрабатываются и хранятся результаты измерений. Обработка заключается в вычислении действующего значения, амплитуды а также величины третьей гармоники полного тока проводимости ОПН.

Подготовлено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК №16.516.11.6121 от 23 августа 2012 г.)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *беспроводная передача данных, ZigBee, ток утечки, ограничитель перенапряжений*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Кручинин Максим Анатольевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Рябов Максим Викторович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.П. Горелов, Г.А. Данилов, М.А. Кручинин, М.В. Рябов

THE REVIEW OF ZIGBEE TECHNOLOGY
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.P. Gorelov, G.A. Danilov, M.A. Kruchinin, M.V. Ryabov

Modern wireless communication technologies are discussed. IEEE 802.15.4 and the ZigBee protocol stack are viewed. The basic hardware and software implements of ZigBee stack architecture are described.

Keywords: wireless communications, ZigBee, protocol stack

Произведено сравнение технологий беспроводной передачи данных. Рассмотрено описание стека протоколов стандарта IEEE 802.15.4 и ZigBee. Приведены основные аппаратные и программные реализации технологии ZigBee.

Технология ZigBee. На сегодняшний день существует множество технологий беспроводной передачи данных. Есть строго стандартизованные технологии, которых не так много и есть множество нестандартизованных технологий, предлагаемых различными компаниями и которые несовместимы с продуктами других компаний.

ZigBee – одна из технологий беспроводной передачи данных. Изначально позиционировалась как технология для передачи небольших пакетов данных с больших количеств абонентских устройств. Основывается на физическом уровне, описанном в стандарте IEEE 802.15.4. Характеризуется малым электропотреблением и малой стоимостью готовых устройств.

Разработку беспроводных технологий передачи данных инициировала компания Ericsson Mobile Communications. В феврале 1998 года. Ericsson совместно с Intel, IBM, Toshiba и Nokia сформировали специальную группу по разработке и продвижению технологии под названием Bluetooth SIG (Special Interest Group). Эта технология полностью открыта, а поэтому любая компания, подписавшая лицензионное соглашение, может войти в состав Bluetooth SIG и начать создавать продукты на ее основе [1].

Сети, образованные по протоколу ZigBee, начали рассматриваться с 1998 г., когда многие установщики осознали, что протоколы Wi-Fi и Bluetooth стали неподходящими для многих приложений из-за высокого энергопотребления передающих устройств. [2].

Технология Zigbee позиционировалась своими авторами для применения в системах контроля и управления, которые передают небольшие объемы данных, например, контроллеры освещенности помещения, термостаты, кондиционеры, пульты дистанционного управления, беспроводные клавиатуры и мыши для компьютера, датчики дыма и углекислого га-

за, устройства вызова помощи для пожилых людей и детей, устройства домашней автоматизации и т.п. В корпоративном секторе это могут быть, например, складские системы, системы автоматизации производства, различные датчики и пр.

Для разработки спецификаций стандарта и продвижения продукции на рынок был создан ZigBee Alliance – его целью стала разработка стандарта беспроводной связи, который был бы недорогим и более функциональным именно в данной области применения. О создании альянса ZigBee было объявлено в 2004 г. В этот альянс вошли Philips, Motorola, Honeywell, Invensys, Mitsubishi и другие производители электроники и оборудования, общим числом более пятидесяти. Стандарт IEEE 802.15.4 – основа технологии ZigBee был создан в мае 2003 г. Спецификации ZigBee были ратифицированы 14 декабря 2004 г.

По мнению авторов [2] на сегодняшний день прямых конкурентов у данной технологии нет. Однако есть близкие по ряду параметров технологии, которые потенциально могут ограничить сферу применения ZigBee. Так, нишу связи ПК с периферией (HID) может занять развиваемая компанией Cypress Semiconductor технология WirelessUSB. Технология беспроводной передачи ZigBee основана на двух стандартах – IEEE 802.15.4 и на нескольких версиях ZigBee Specification. Распределение зон ответственности разработчиков элементной базы устройств ZigBee и разработчиков готовых устройств приведено на рисунке 1. Нижние уровни определяются стандартом IEEE 802.15.4, средние – ZigBee Alliance, верхние слои – в ведении разработчика готового устройства.

Стандарт IEEE 802.15.4. В основе технологии ZigBee лежит стандарт IEEE 802.15.4. Данный стандарт описывает физический уровень (именуемый PHY) и уровень доступа к среде – MAC уровень. Уровень PHY определяет способы доступа к физической среде распространения радиосигнала: задает тип модуляции, скорость передачи, и другие параметры сигнала. Уровень MAC на базе уровня PHY определяет способы передачи и организации сети: добавление и вывод из сети устройства, контролирует доставку пакетов и выдачу подтверждений, поддерживает шифрование и т.д.

Доступ к каналу осуществляется в диапазоне ISM, физический уровень использует квадратичную фазовую модуляцию O-PSK на частоте 2,4 ГГц (16 каналов через 5 МГц). Для доступа к каналу используется механизм множественного доступа с контролем несущей и предотвращения коллизий CSMA-CA. Данный механизм позволяет существенно сократить (хотя и не устранить полностью) столкновения, вызванные передаче данных одновременно несколькими устройствами. Стандарт основывается на полудуплексной передаче данных, то есть устройство одновременно может либо передавать, либо принимать данные. Это позволяет использовать метод CSMA-CA только для предотвращения коллизий, а не для их обнаружения. Максимальная скорость передачи составляет 250 кбит/с [3].

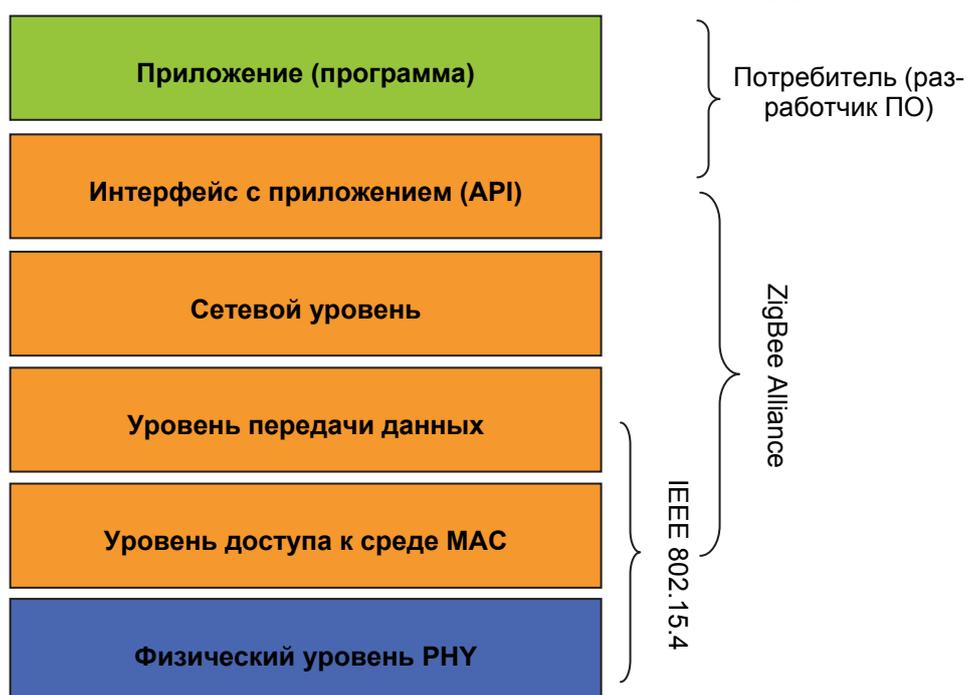


Рисунок 1 – Распределение функций управления сетью

Все устройства разделяются на два типа: полнофункциональное устройство и функционально ограниченное устройство. В любой ZigBee сети должно присутствовать, по крайней мере, одно полнофункциональное устройство, выполняющее функции координатора (PAN Coordinator). Координатор инициирует развертывание сети, управляет узлами сети и хранит сетевую информацию. Остальные полнофункциональные устройства являются маршрутизаторами – устройствами, участвующими в обмене данными между двумя или более устройствами. Функционально ограниченные устройства – это вершины ZigBee сети, которые отвечающие за сбор – датчики, контроллеры исполнительных механизмов и т.д.

Одной из отличительных особенностей сети IEEE 802.15.4 является поддержка так называемой «суперфреймовой» структуры. Формат суперфрейма определяется координатором сети. Суперфрейм начинается с передачи специального фрейма – «сетевого маркера» (Network Beacon), который посылает сам координатор (рисунок 2). «Маркер» предназначен, в первую очередь, для синхронизации и управления работой всех активных в сети устройств. Временной интервал между маркерами – регулируемый и может составлять от 15,36 мс до 251,7 с. После отправки «маркера» координатор самоотстраняется от управления сетью, предоставляя устройствам самостоятельно разбираться, кто главнее. Структура фрейма приведена на рисунке 2.

Для этого в суперфрейме предназначен специальный отрезок времени – период конкурентного доступа устройств к радио каналу (Contention Access Period), который разбит на фиксированные временные участки – так называемые временные слоты. В то же время для приложений, критичных к скорости и темпу передачи данных, после участка конкурентного доступа могут идти дополнительные временные слоты (Contention Free Period), в течение которых они гарантированно смогут отправить или получить срочную информацию.

В спецификации IEEE 802.15.4 разрешены только три формата обмена данными:

1. Устройство передает данные координатору сети;
2. Устройство получает данные от координатора сети;
3. Данные передаются между двумя устройствами (peer-to-peer), минуя координатор.

Спецификация ZigBee. Спецификация ZigBee – документ, определяющий параметры организации сетевого взаимодействия устройств на базе физического уровня и доступа к среде передачи стандарта IEEE 802.15.4. По существу, ZigBee – это распределенная, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиоканала. За счет способности узлов ретранслировать сообщения от одного элемента к другому область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до сотен километров.

Спецификация определяет три типа организации сети: «звезда», «кластерное дерево» и «каждый с каждым» (рисунок 3).

Для соединения с другими устройствами семейства ZigBee оборудование должно иметь приемопередатчик IEEE 802.15.4 и микроконтроллер с программным обеспечением, реали-



Рисунок 2 – Структура суперфрейма стандарта IEEE 802.15.4

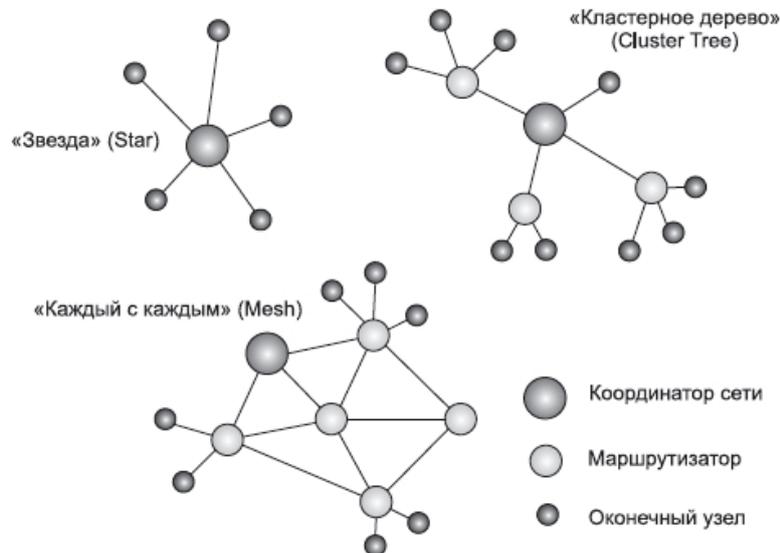


Рисунок 3 – Типы сетей ZigBee

зующий стек протокола ZigBee.

В [4] отмечено, что, несмотря на то, что для сетевого адреса отводится 2 байта, то есть обеспечивает адресную емкость для 65535 устройств (а при 64-разрядной адресации вообще 264), при числе устройств более 300 существенно возрастает служебный трафик и, соответственно, падает пропускная способность. Дело в том, что спецификация ZigBee определяет ряд других параметров (косвенно связанных с максимальным числом устройств в сети) таким образом, что реально можно говорить не более чем о нескольких сотнях устройств в одной сети. Главные ограничивающие факторы для большого количества узлов – это затраты на разрешение возникающих конфликтов при случайном распределении адресов, снижение пропускной способности из-за растущей служебной активности, большие задержки при обнаружении устройств и прокладке маршрутов, ограничения ОЗУ для хранения больших таблиц маршрутизации.

Программная реализация ZigBee. Как правило, разработку программной реализацией – стека ZigBee занимаются разработчики электронных компонентов – трансиверов ZigBee. На сегодняшний день трансиверы стандарта 802.15.4 выпускает не так уж много производителей. Большинство из них работают в диапазоне частот от 2400 до 2483 МГц, имеют 16 каналов передачи с шагом 5 МГц, обеспечивают скорость в радиоканале 250 кбит/с и используют расширение спектра кодовой последовательностью.

Стеки ZigBee сегодня написаны для многих популярных микроконтроллеров: MSP430, ATmega, HCS08 и др. Кроме ZigBee-совместимых решений на рынке имеется много собственных разработок, которые позволяют строить сети 802.15.4 с довольно сложной топологией. Наиболее популярные ZigBee стеки приведены в таблице.

Таблица – Наиболее популярные ZigBee наборы функций (стеки)

Разработчик	Продукт	Примечание
Airbee	Airbee-ZNS™, Airbee-ZNMS™	Независимый разработчик стека для контроллеров MSP430, ATmega, HCS08
Luxoft Labs (Meshnetics)	eZeeNet, ZigBeeNet	Поддержка Chipcon, Jennic, MSP430, Atmega, Renesas, ARM7
Chipcon	Z-Stack	Разработчиком стека является компания Figure 8 Wireless (приобретена компанией Chipcon в январе 2005 года)
Figure 8 Wireless	Z-Stack, Z-Tool	Для трансиверов CC2420 и MC13192
Ember	EmberNet, EmberZNet, EmberZNet v2.0	EmberNet – собственное решение, EmberZNet, EmberZNet – ZigBee стек. Ориентированы на чипы EM2420 собственной разработки
Freescale	MAC 802.15.4	Нижний уровень протокола для трансиверов собственной разработки
Microchip	Microchip Stack for the ZigBee™ Protocol	Процессор PIC18F. Для CC2420 и uz2400. Версия 3.3 поддерживает 254 узла сети
Helicomm	Helicomm's ZigBee stack, IEEE 802.15.4 MAC, IPv6 Mesh Stack	Стеки ориентированы на ZigBee модули собственной разработки на основе 8051-совместимого процессора
Innovative Wireless Technologies	IWT's Synaptrix™	Собственные стеки для своих модулей AXON™ module IEEE 802.15.4 (MSP430)

Одним из наиболее распространенных является программное обеспечение фирмы FreeScale, состоящее из двух пакетов – BeeKit и CodeWarrior. BeeKit представляет простой и понятный интерфейс настройки параметров беспроводной связи и конфигурирования протоколов. BeeKit является удобным дополнением к стандартным средам проектирования, например, CodeWarrior, упрощающим труд разработчика беспроводных приложений.

Для ситуаций, когда разработчик планирует строить собственную беспроводную систему, опираясь только на стандарт 802.15.4 без использования полного стека протоколов ZigBee, необходимое для этого программное обеспечение нижнего уровня предоставляется бесплатно практически всеми производителями чипов или модулей. Например, для трансиверов Freescale это библиотека SMAC, которая реализует самые необходимые для беспроводной связи примитивы.

Необходимость собственной разработки программного обеспечения беспроводной сети может возникнуть в случае, если у разработчика в силу организации сети и логики работы

устройства нет необходимости в полном стеке ZigBee. За счет этого можно повысить скорость передачи и экономичность готового устройства.

Подготовлено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК №16.516.11.6121 от 23 августа 2012 г.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дмитриев, В. Технологии беспроводной передачи данных / В. Дмитриев // Компоненты и технологии. -2003. -№2. -С. 64-70.
- 2 Дмитриев, В. Технология ZigBee / В. Дмитриев // Компоненты и технологии. -2004. -№1. -С. 70-73.
- 3 Панфилов, Д. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4 / Д. Панфилов, М. Соколов // Электрон. компоненты. -2004. -№12. -С. 73-79.
- 4 Пушкарев, О. ZigBee модули Xbee: вопросы практического применения / О. Пушкарев // Беспровод. технологии. -2009. -№3. -С. 18-21.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *беспроводная передача данных, ZigBee, набор протоколов*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»*
Данилов Геннадий Александрович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Кручинин Максим Анатольевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Рябов Максим Викторович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ РЕЖИМОВ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В ВИДЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.Ф. Тонышев, А.К. Жунусов

SUBMISSION OF AREAS OF THE EXISTENCE OF ASYNCHRONOUS MODES OF SYNCHRONOUS GENERATOR IN THE FORM OF FUZZY SETS

«Novosibirsk state academy of water transport»
 V.F. Tonyshev, A.K. Zhunusov

The identify of asynchronous modes and types of disturbances technique based on the analysis of hodograph of the vector of the conductivity position is proposed in the work. The fuzzy interference system based on waveforms, obtained from the on experiment for synchronous generator MT-5 is presented.

Keywords: asynchronous modes, fuzzy logic, fuzzy sets

Предложен метод идентификации асинхронных режимов синхронного генератора и видов нарушений на основе анализа положения годографа вектора проводимости. Представлен нечеткий логический вывод на основе анализа осциллограмм, полученных из натурального эксперимента для синхронного генератора МТ-5.

Задача идентификации аварий, приводящих к возникновению асинхронных режимов синхронных машин (СМ) связана с необходимостью принятия решений в условиях неопределенности, когда причины развития аварий в их связи с параметрами и исходным (предварийным) режимом работы СМ могут трактоваться неоднозначно. Использование аппарата нечеткой логики и теории нечетких множеств [1] является одним из наиболее подходящих для решения подобной задачи.

По осциллограммам режимных параметров $P(t), U(t), Q(t)$ (рисунок 1) полученных при обработке результатов натурального эксперимента для синхронного генератора (СГ) МТ-5 были построены годографы вектора проводимости (рисунок 2) на основе известных соотношений

$$\operatorname{Re} \underline{Y}(t) = \frac{P(t)}{\dot{U}^2(t)}, \text{ о.е.}; \operatorname{Im} \underline{Y}(t) = \frac{Q(t)}{\dot{U}^2(t)}, \text{ о.е.}$$

Принята система координат, при которой ось $\operatorname{Re} \underline{Y}$ является осью активной проводимости, а ось $\operatorname{Im} \underline{Y}$ – осью реактивной проводимости при $U = 1$.

Построения осуществлялись для следующих видов аварий:

- короткое замыкание на кольцах ротора (КЗ),
- отключение автомата гашения поля (ОАГП),
- отключение привода электромеханического возбудителя (ОВ),
- частичная потеря возбуждения (ЧПВ),

– нарушение динамической устойчивости (НДУ) при коротком замыкании на шинах станции (электрический центр качания (ЭЦК) вне генератора).

При анализе годографов проводимости можно сделать вывод о том, что области существования асинхронных режимов (АР), вызванных различными нарушениями, отличны друг от друга и не имеют явно выраженных границ. Аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики позволяет решить проблему описания границ существования АР путем представления различных составляющих вектора проводимости \underline{Y} в виде нечетких множеств, а также осуществить вывод о возникновении той или иной аварии.

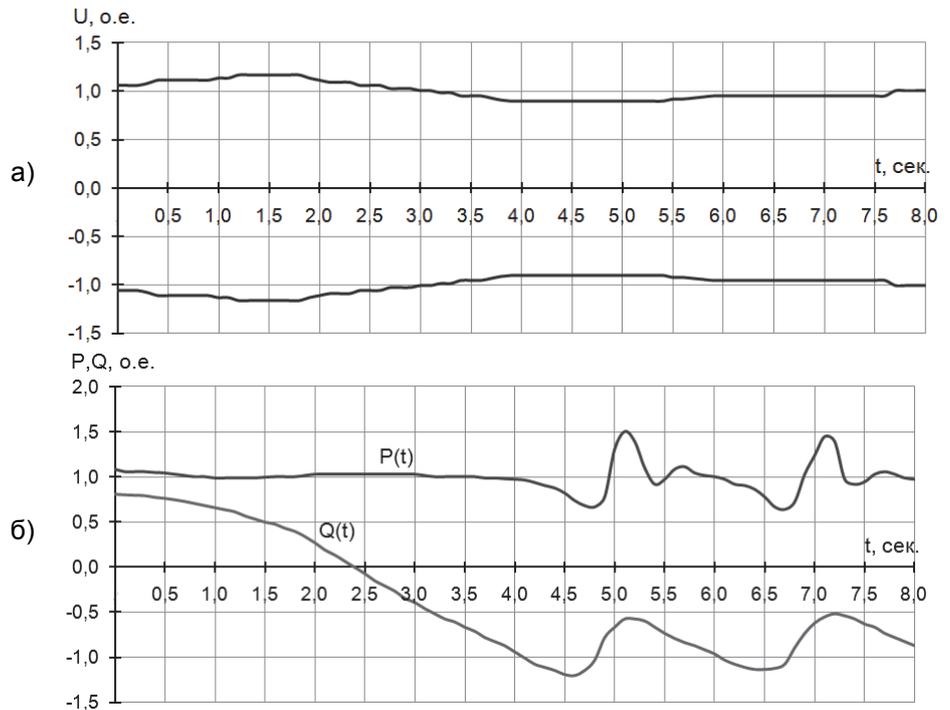
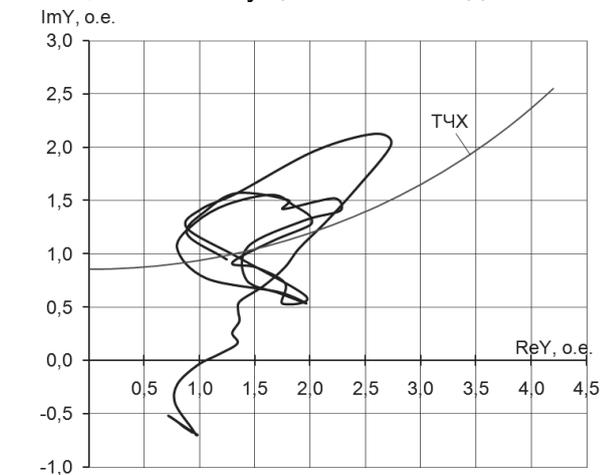
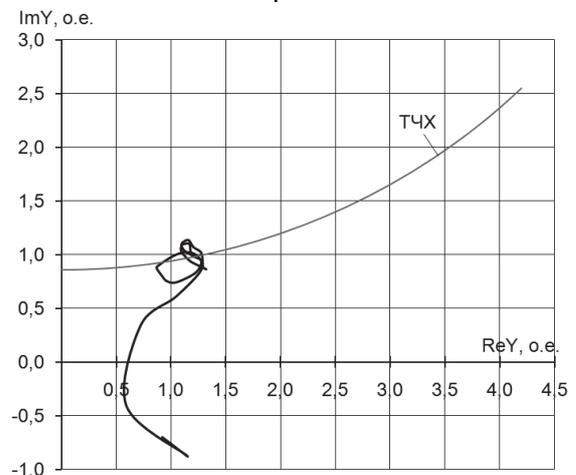


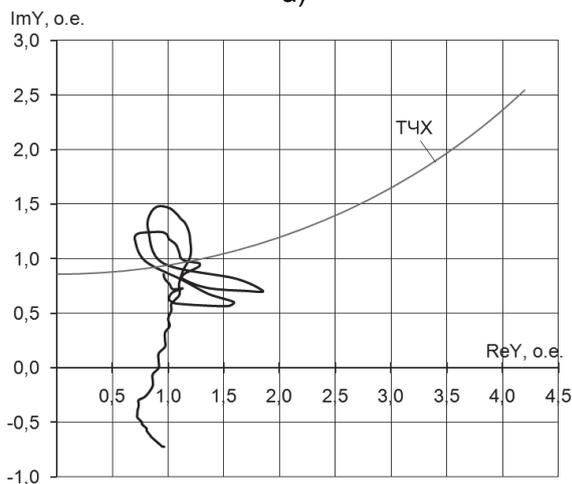
Рисунок 1 – Осциллограммы режимных параметров СГ МТ-5 при отключении возбудителя: а) - $U(t)$; б) - $P(t), Q(t)$



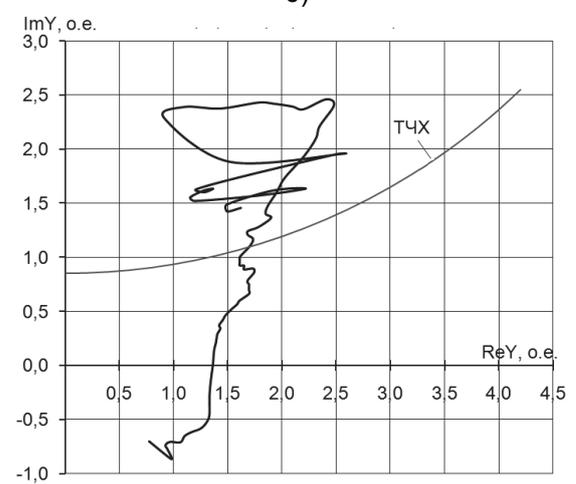
а)



б)



в)



г)

Из рисунка 2 видно, что области изменения годографа проводимости пересекаются и иногда накладываются друг на друга, следовательно, принимая в качестве входных универсумов (универсальных множеств) системы нечеткого вывода функции описывающие вектор \underline{Y} : $\text{Re}\underline{Y}(t), \text{Im}\underline{Y}(t), Y(t), \varphi(t)$, мы получим области в которых значение \underline{Y} можно будет трактовать неоднозначно, то есть для данных функций невозможно сформировать непересекающиеся и недоминирующие функции принадлежности, следовательно, нельзя сделать вывод о наличии вида аварии без введения дополнительных универсумов. Поэтому в качестве универсумов были приняты диапазоны изменения функций $\Delta\text{Re}\underline{Y}(t), \Delta\text{Im}\underline{Y}(t), \Delta Y(t), \Delta\varphi(t)$. Следует отметить что данные диапазоны оцениваются не для всех значений годографа вектора проводимости, а лишь для тех, которые соответствуют $\delta > 180^\circ$, то есть после возникновения АР по трактовке [2] (рисунок 3).

На основе прямого метода построения были сформированы функции принадлежности для лингвистических переменных: малое ("Small"), среднее ("Middle"), большое ("Big"), которые характеризуют величины $\Delta\text{Re}\underline{Y}(t), \Delta\text{Im}\underline{Y}(t), \Delta Y(t), \Delta\varphi(t)$. Построения осуществлены с учетом оценки возможных изменений данных величин. Интервалы этих изменений были заданы трапецевидными функциями принадлежности. В общем виде трапецевидная функция принадлежности описывается следующим выражением

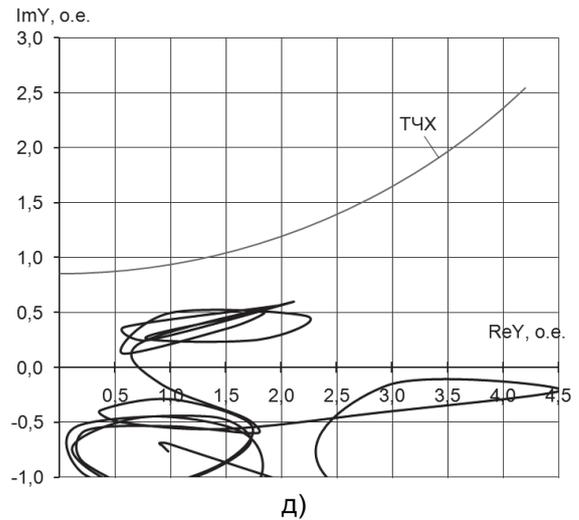


Рисунок 2 – Годографы вектора полной проводимости СГ МТ-5: (ГЧХ-токовая частотная характеристика); а)-при коротком замыкании на кольцах ротора; б)-при отключении автомата гашения поля; в)-при отключении привода возбудителя; г)-при частичной потере возбуждения; д)-короткое замыкание на шинах станции (ЭЦК вне генератора)

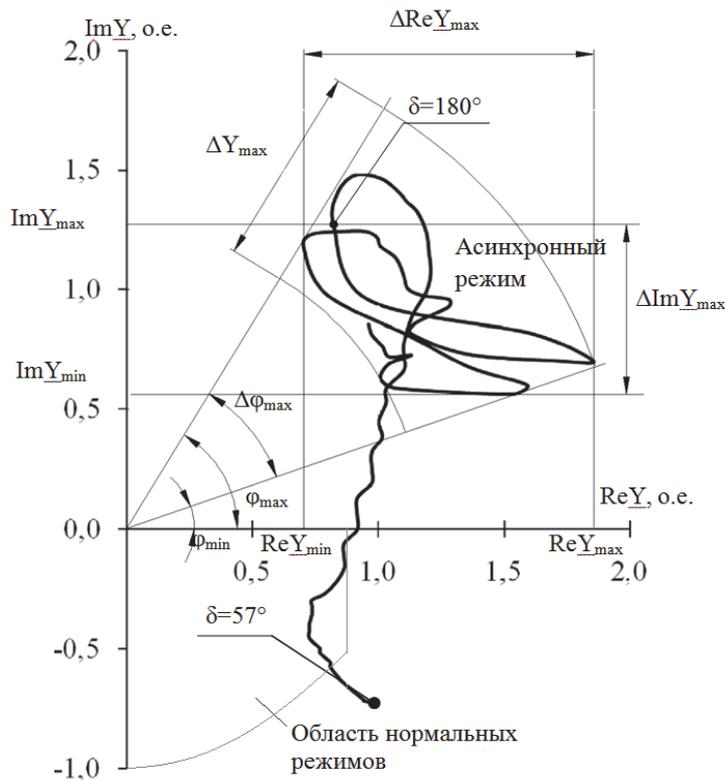


Рисунок 3 – К определению диапазонов изменения функций $\Delta\text{Re}\underline{Y}(t), \Delta\text{Im}\underline{Y}(t), \Delta Y(t), \Delta\varphi(t)$ из анализа годографа вектора проводимости СГ при отключении возбудителя

$$\mu(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{b-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases},$$

где x – значения $\Delta \text{Re} \underline{Y}(t), \Delta \text{Im} \underline{Y}(t), \Delta Y(t), \Delta \varphi(t)$;

a, b, c, d – некоторые числовые параметры, с помощью которых описывается соответствующая лингвистическая переменная. Значения коэффициентов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты a, b, c, d для функций принадлежности входных переменных

Лингвистическая переменная	Коэффициент ФП	Значения коэффициентов для функций			
		$\Delta \text{Re} \underline{Y}$, о.е.	$\Delta \text{Im} \underline{Y}$, о.е.	ΔY , о.е.	$\Delta \varphi$, °
«Small»	a	0	0	0	7,5
	b	0,1	0,1	0,1	10
	c	0,5	0,45	0,45	17,5
	d	0,6	0,55	0,55	20
«Middle»	a	0,6	0,55	0,55	20
	b	0,7	0,6	0,6	22,5
	c	1,2	1,1	1,1	32,5
	d	1,3	1,2	1,2	35
«Big»	a	1,3	1,2	1,2	35
	b	1,4	1,3	1,3	37,5
	c	1,7	1,7	1,7	45
	d	1,8	1,8	1,8	47,5

Функции принадлежности $\mu(\Delta \text{Re} \underline{Y}), \mu(\Delta \text{Im} \underline{Y}), \mu(\Delta Y), \mu(\Delta \varphi)$ с указанием значений максимальных отклонений $\Delta \text{Re} \underline{Y}_{\max}, \Delta \text{Im} \underline{Y}_{\max}, \Delta Y_{\max}, \Delta \varphi_{\max}$ при различных аварийных режимах показаны на рисунке 4.

Для осуществления логического вывода необходимо наличие выходной переменной, то есть множества, значения которого определяются через соотношения между лингвистическими переменными входных множеств. Таким множеством может быть переменная $U_{\text{ОА}}$, значение которой, после операции дефазсификации, выступает в качестве управляющего воздействия для органов индикации или соответствующих органов управления.

На всем диапазоне изменения $U_{\text{ОА}}$ для каждой аварии задаются значения, которые описываются в виде лингвистических переменных: «КЗ», «ОАГП», «ОВ», «ЧПВ». Вариант построения функций принадлежности $\mu(U_{\text{аоо}})$ применительно к предложенным лингвистическим переменным показан на рисунке 5.

Для заданных нечетких множеств определен ряд правил нечеткого логического вывода (нечеткой продукции):

ПРАВИЛО 1: ЕСЛИ " $\Delta \text{Re} \underline{Y}$ " есть "Big" И " $\Delta \text{Im} \underline{Y}$ " есть "Middle" И " ΔY " есть "Big" И " $\Delta \varphi$ " есть "Big", ТО " U " есть "КЗ";

ПРАВИЛО 2: ЕСЛИ " $\Delta \text{Re} \underline{Y}$ " есть "Small" И " $\Delta \text{Im} \underline{Y}$ " есть "Small" И " ΔY " есть "Small" И " $\Delta \varphi$ " есть "Small", ТО " U " есть "ОАГП";

ПРАВИЛО 3: ЕСЛИ " $\Delta \text{Re} \underline{Y}$ " есть "Middle" И " $\Delta \text{Im} \underline{Y}$ " есть "Middle" И " ΔY " есть "Middle" И " $\Delta \varphi$ " есть "Big", ТО " U " есть "ОВ";

ПРАВИЛО 4: ЕСЛИ " $\Delta \text{Re} \underline{Y}$ " есть "Big" И " $\Delta \text{Im} \underline{Y}$ " есть "Middle" И " ΔY " есть "Big" И " $\Delta \varphi$ " есть "Middle", ТО " U " есть "ЧПВ".

ПРАВИЛО 5: ЕСЛИ " $\Delta \text{Re} \underline{Y}$ " есть "Big" И " $\Delta \text{Im} \underline{Y}$ " есть "Small" И " ΔY " есть "Big" И " $\Delta \varphi$ " есть "Middle", ТО " U " есть "НДУ".

Согласно каждому из представленных правил осуществляется вывод о наличии определенной аварии.

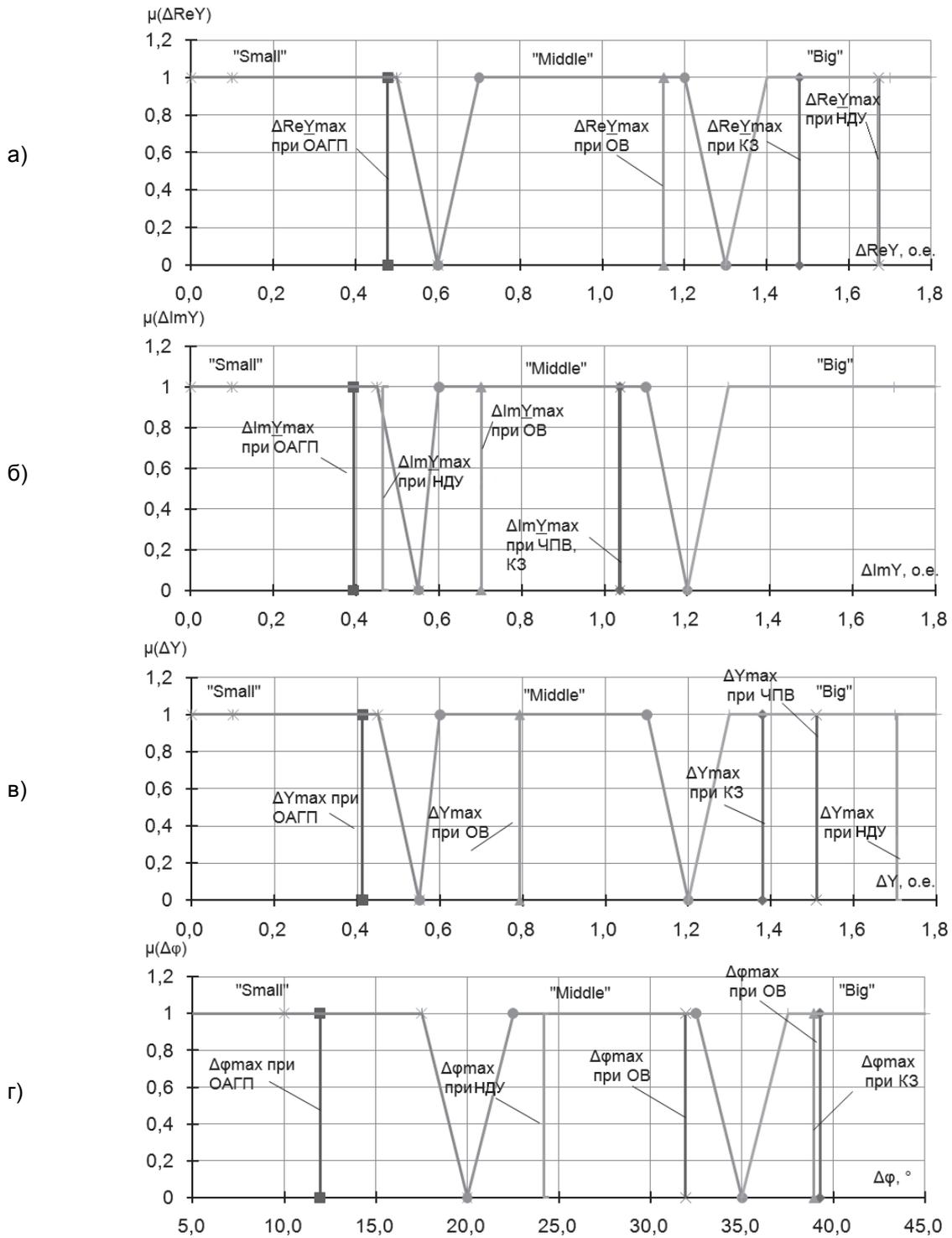


Рисунок 4 – Функции принадлежности для: а)- $\mu(\Delta ReY)$; б)- $\mu(\Delta ImY)$; в)- $\mu(\Delta Y)$; г)- $\mu(\Delta \varphi)$

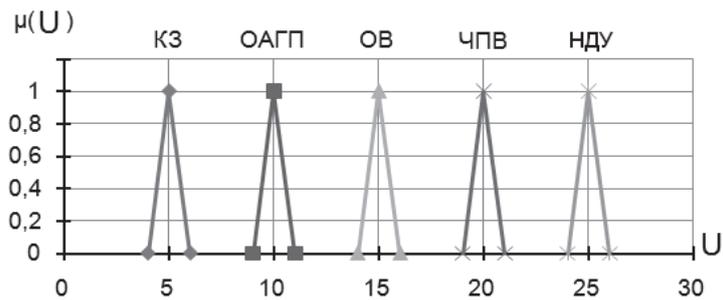


Рисунок 5 – Функции принадлежности выходной переменной

Предложенная система логического вывода может быть основой устройства идентификации, локализации и ликвидации аварий. Особенностью подобных систем является возможность их усовершенствования путем коррекции существующих функций принадлежности и правил нечеткой продукции, а также введением добавочных критериев (дополнительных переменных), что позволяет идентифицировать асинхронный режим и его причину чтобы организовать соответствующие управляющие воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. -СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 736 с.: ил.
- 2 Гамм, Б.З. Выявление асинхронного режима генератора по сопротивлению, измеренному на его выводах / Б.З. Гамм, В.Ф. Тонышев // Электричество. -1986. -№1. -С. 9-15.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асинхронные режимы, нечеткая логика, нечеткие множества
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Жунусов Алибек Казбекович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Тонышев Владимир Федорович, канд. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦИФРОВОЙ САМОПИСЕЦ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРОТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

А.В. Мятеж, Е.А. Спиридонов

SPECIAL DIGITAL CHART RECORDER FOR RESEARCHING THE ENERGY CONSUMPTION ON CITY ELECTRIC TRANSPORT
«Novosibirsk state technical university»
A.V. Myatezh, E.A. Spiridonov

Digital chart recorder with self-contained power supply is developed for investigation of energy consumption conditions on city electric transport aimed on perfection of energy-saving technologies.

Keywords: energy saving, energy consumption, digital recording, multi-channel chart recorder

Для исследований режимов энергопотребления на городском электрическом транспорте с целью совершенствования энергосберегающих технологий разработан и собран цифровой самописец с возможностью автономного питания.

Актуальность задачи энергосбережения во всех отраслях деятельности подтверждается ростом цен на основные энергоносители: бензин, газ, уголь. Вместе с тем увеличивается тариф на электроэнергию, являющуюся наиболее ликвидной формой энергии. Также Правительством РФ введен Федеральный закон от 23.11.2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

Углеводородные двигатели внутреннего сгорания на транспорте постепенно вытесняются электрическими двигателями, и этот процесс имеет тенденцию роста. Ведется небезуспешный и непрерывный поиск возможностей эффективного накопления электроэнергии.

Так, в Новосибирске существует научно-промышленная группа, силами которой создан опытный образец транспортного средства с импульсной системой управления, способного передвигаться в режимах троллейбуса и электробуса с питанием от батареи литий-ионных аккумуляторов. Троллейбус СТ-6217 способен преодолевать в режиме автономного хода около 30 км пути без подзарядки. Вес батареи составляет 480 кг.

По сравнению с существующими реостатно-контакторными системами управления (РКСУ) импульсные системы отличаются более высокой надежностью за счет исключения релейной аппаратуры. По данным эксплуатирующих предприятий трудоемкость обслуживания снижается на 40%. Энергопотребление – на 35%, что обусловлено отсутствием потерь на пусковых реостатах.

Как показывает практика, выход на линию подвижных единиц с импульсной системой управления не приводит к ожидаемой экономии электроэнергии, что делает актуальным исследование режимов энергопотребления подвижных единиц – троллейбусов. На сегодняшний день существует несколько групп методов, направленных на оценку энергопотребления электротранспорта, однако все они не учитывают случайные факторы, которые оказывают значительное влияние на режимы движения и, как следствие, на энергопотребление. По-

этому актуальной является задача разработки универсального бортового электронного прибора, способного с высокой частотой записывать не только токи и напряжения, но и фиксировать режимы движения транспортного средства в городских условиях.

С этой целью поставлена задача создания многоканального самописца, фиксирующего в виде цифровых записей на флеш-карту токи, напряжения, скорость вращения вала двигателя с возможностью их дальнейшей статистической обработки оператором. Дальнейший анализ полученных данных позволит разрабатывать мероприятия, направленные на повышение эффективности использования электрической энергии на транспорте.

Внешние узлы измерительного модуля. С целью унификации методов измерения в связи с наличием конструктивных особенностей, измерения токов и напряжений должны выполняться соответствующими внешними датчиками на эффекте Холла, имеющими гальваническую развязку измеряемой и сигнальной цепи и классом изоляции более полутора киловольт. Измерение частоты вращения вала двигателя может выполняться при помощи внешнего тахогенератора с номинальными оборотами не ниже 3000 мин^{-1} , устанавливаемого в непосредственной близости с двигателем.

Все входные сигналы приводятся к величинам $-5 \dots +5 \text{ В}$ для возможности переключения выхода датчика на другой канал входа самописца. Всего самописец содержит пять каналов, по которым может одновременно фиксироваться входной сигнал. Принятый интервал времени между записями – 100 мс. Карта памяти объемом 2 Гб позволит вести непрерывную запись для пяти каналов 10-битной разрядности при условии питания от бортовой сети в течение 240 суток. В случае отключения от внешнего источника самописец способен вести автономную работу в течение 8-9 ч на встроенном гелиевом аккумуляторе $12 \text{ В} \times 2,3 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

Полученная информация может быть прочитана при помощи компьютера с установленным приложением Excel любой версии офисного пакета приложений MS Office. Дальнейшая обработка информации выполняется оператором.

Устройство и принцип действия. На рисунке 1 изображена принципиальная электрическая схема электронного самописца в упрощенном варианте. Упрощение касается входных усилителей, на схеме показан только первый канал.

На рисунке 1а блок, выполненный на транзисторах VT1-VT3, является параметрическим стабилизатором тока с ограничением по напряжению на уровне 14 В для недопущения перезарядки аккумулятора.

Оптически развязанный входной усилитель (рисунок 1б) выполнен на прецизионном операционном усилителе OP07. Нелинейность оптических элементов устраняется введением обратной связи. Схема фиксирует амплитуду (DA1.2) и полярность (DA1.3) входного напряжения.

На flyback ШИМ-контроллере (рисунок 1в) выполнен источник вторичного электропитания для всех узлов схемы и входных усилителей. Он преобразует постоянное входное напряжение от аккумулятора 12 В или от бортовой сети подвижной единицы 25 В в постоянные стабилизированные напряжения заданных величин.

На рисунке 1г представлен микроконтроллер (МК) и его вспомогательные цепи, двухстрочный жидкокристаллический индикатор на основе контроллера HD44780, элементы для сопряжения с флеш-картой, кнопки управления.

Важной особенностью цепи питания схемы является то, что питание микроконтроллера осуществляется напряжением +5 В относительно массы, питание операционных усилителей (ОУ), гальванически связанных с МК $\pm 9 \text{ В}$, а напряжение питания для флеш-карты необходимо на уровне +3 В. Именно по этой причине, а также с целью гальванической развязки применен импульсный трансформаторный преобразователь (см. рисунок 1в).

Вся схема размещается на двух отдельных печатных платах, на первой находится параметрический стабилизатор для заряда аккумулятора и входные усилители, на второй – импульсный преобразователь и микроконтроллер с цепями управления и индикации. Устройство имеет внешние размеры $160 \times 205 \times 65 \text{ мм}$, массу без внешних датчиков 1,6 кг.

Режимы работы. Питание самописца по умолчанию осуществляется от бортовой сети, если ее напряжение выше 13 В, в этом же случае автоматически выполняется зарядка аккумулятора. При отключении внешнего источника устройством будет использован ресурс встроенного аккумулятора. Включение и отключение устройства выполняется выключателем на передней панели. При критически низком уровне напряжения аккумулятора самописец автоматически выполнит сохранение информации и завершение записи до возобновления

подачи напряжения питания.

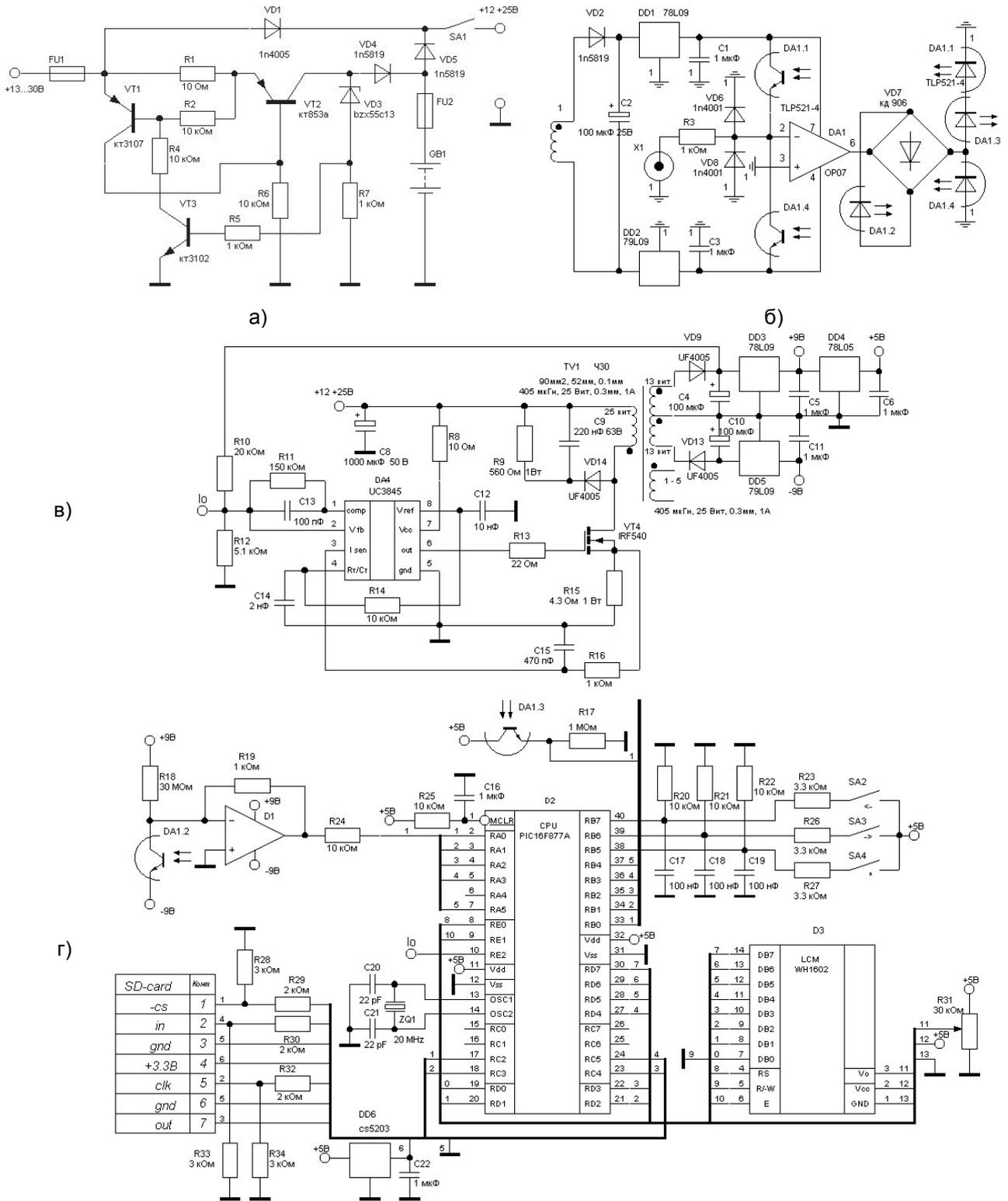


Рисунок 1 – Упрощенная принципиальная схема пятиканального самописца

Внешний вид устройства представлен на рисунке 2.

Входы, выполненные разъемами BNC, слот карты памяти, зарядный разъем расположены на задней панели. Разработанный прибор может работать в нескольких режимах.

Первый режим работы самописца – линейный вывод на экран уровней входных сигналов по пяти каналам. При этом запись данных на карту памяти не производится.

Второй режим работы – запись входных сигналов на флеш-карту. До окончания записи недопустимо выключать устройство кнопкой во избежание порчи файловой системы карты памяти.

Третий режим работы – калибровка периодов времени между записями входных сигналов. Диапазон изменения – 1/4 периода в обе стороны.

Переход от одного режима к другому, инициация начала, прерывания и завершения записи осуществляется при помощи кнопок на передней панели управления.

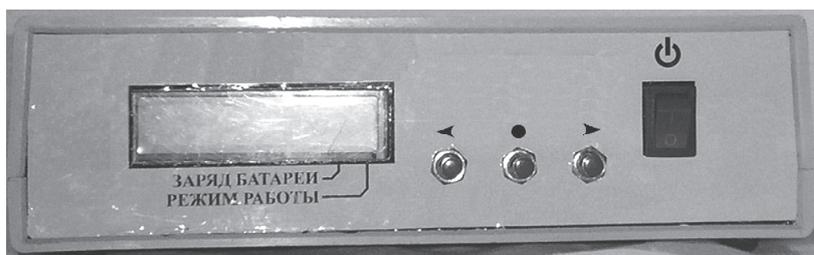


Рисунок 2 – Передняя панель самописца

Выводы. Разработанный пятиканальный самописец позволяет исследовать энергопотребление электрического транспортного средства в реальных условиях движения. Прибор является мобильным, обладает возможностью автономной работы и может быть использован на любом подвижном составе, оборудованном соответствующими датчиками. Запись данных происходит в автоматическом режиме, а их перенос для последующей обработки осуществляется простым извлечением карты памяти.

Данные об энергопотреблении в реальных условиях городского цикла, которые будут получены при помощи разработанного устройства, могут быть использованы в дальнейшем при разработке мер по снижению и нормированию энергопотребления городского электрического транспорта.

Работа проведена в рамках гранта молодым ученым Правительства Новосибирской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ульрих, В.А. Микроконтроллеры PIC16X7XX: справ. по КМОП-микросхемам с АЦП / В.А. Ульрих. -СПб.: Наука и техника, 2005. -320 с.
- 2 Титце, У. Полупроводниковая схемотехника: справ. рук. / У. Титце, К. Шенк; пер. с нем. под ред. А.Г. Алексенко. -М.: Мир, 1983. -512 с.
- 3 Символьные ЖКИ [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.winstar.com.tw/>. -Загл. с экрана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергосбережение, энергопотребление, цифровая запись, многоканальный самописец
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Мятеж Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
 Спиридонов Егор Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Е.П. Богданов

IMPROVING THE QUALITY OF OUTPUT PARAMETERS OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY ELEMENTS

«National research Tomsk polytechnic university»

E.P. Bogdanov

The paper presents the ways to estimate and improve the quality of the output parameters of an autonomous power supply using additional electronic components that reduce the voltage noise on tires and load, as well as using the proposed procedure for measuring the output impedance of pulsed voltage stabilizer.

Keywords: system of autonomous power supply, voltage noise, electromagnetic compatibility

Представлены способы оценки и повышения качества выходных параметров системы автономного электроснабжения использованием дополнительных электронных компонентов, снижающих уровень напряжения помех по шинам питания и нагрузки, а также с помощью предложенной методики измерения выходного импеданса (полного сопротивления) импульсного стабилизатора напряжения.

Современные системы автономного электроснабжения (САЭС) должны отвечать требованиям миниатюризации, то есть требованиям ограничения габаритов и массы, высокого КПД и высокой электромагнитной совместимости с радиоэлектронной аппаратурой. Широко используемые в качестве основных силовых устройств импульсные преобразователи энергии (ИПЭ) обладают неплохими массогабаритными характеристиками и высокими значения-

ми КПД. Однако основной недостаток данного класса преобразователей – повышенный уровень напряжения помех по шинам питания и нагрузки [1] препятствует соблюдению требований по качеству выходных электрических параметров. Уровни кондуктивных помех, генерируемых основными типами однотактных импульсных преобразователей энергии, подробно рассмотрены в работе [2]. Указано, что уровень несимметричных помех на силовых шинах мало зависит от типа преобразователя и места измерения (входные или выходные цепи), но зависит от технологии монтажа преобразователя и частоты преобразования.

С учётом вышесказанного актуальными являются вопросы повышения качества и разработка способов оценки выходных параметров систем автономного электроснабжения. Достижение поставленных целей возможно использованием дополнительных электронных компонентов, снижающих уровень напряжения помех по шинам питания и нагрузки, а также с помощью предложенной методики измерения выходного импеданса (полного сопротивления) импульсного стабилизатора напряжения.

На рисунке 1 представлена схема понижающего ИПЭ с кондуктивным отводом тепла для создания системы автономного электроснабжения САЭС. С учетом результатов, полученных в [2, 3], можно считать уровень напряжения несимметричных помех по силовым шинам повышенным в сравнении с требованиями ГОСТ Р 51527-99 (рисунок 2). Для уменьшения уровня таких помех при разработке преобразователя необходимо применять входной С-фильтр, выходной LC-фильтр, в качестве обратного диода использовать диод Шоттки. Параллельно электролитическим конденсаторам большой емкости следует устанавливать высокочастотные конденсаторы.

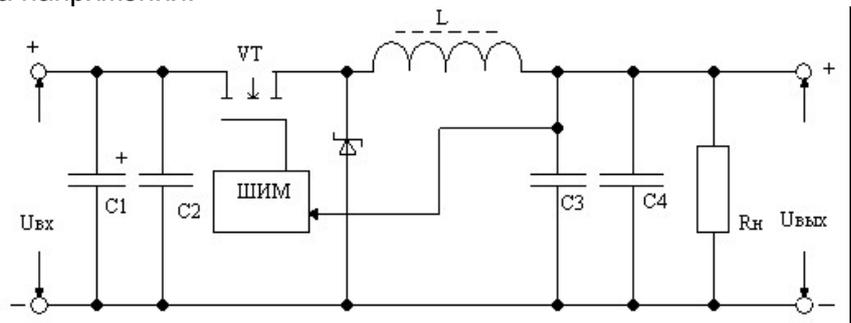


Рисунок 1 – Схема однотактного импульсного преобразователя энергии понижающего типа

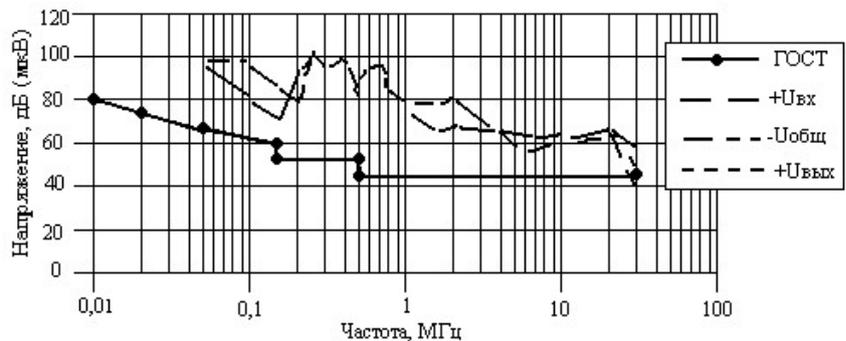


Рисунок 2 – Измеренное напряжение несимметричной помехи ИПЭ в исходном состоянии

Для снижения влияния помехового электромагнитного поля ИПЭ на входные и выходные цепи преобразователь экранируется алюминием.

Принятые меры снижают напряжения несимметричной помехи на входе и выходе преобразователя, но она остается выше нормы по ГОСТ Р 51527-99.

Для дальнейшего уменьшения уровня помехи целесообразно использование проходных конденсаторов типа ОКП 0,047 мкФ, 125 В в качестве силовых выводов преобразователя. Это значительно уменьшает уровень напряжения несимметричной помехи (рисунок 3).

Достижение уровнем помехи значения, регламентированного государственным стандартом, осуществляется при многофазном подключении преобразователей в системах автономного электроснабжения [4].

С целью оценки качества выходных параметров систем автономного электроснабжения, в области электромагнитной совместимости, кроме снижения уровня напряжения помех, целесообразно проводить измерения выходного импеданса импульсных стабилизаторов напряжения. Однако, методика измерения выходного импеданса преобразователей постоянного напряжения в диапазоне частот 0,009-30 МГц существует, но отсутствует методика измерения импеданса в низкочастотном диапазоне.

Импульсные стабилизаторы напряжения (ИСН) в составе автономных систем электроснабжения обычно имеют разветвленную сеть потребителей различного назначения. Для обеспечения внутренней ЭМС импульсный стабилизатор напряжения должен иметь заданный выходной импеданс в соответствии с техническим заданием. Повышенное значение

импеданса на отдельных участках диапазона частот может привести к резонансным явлениям в общей шине питания и к сбою работы системы в целом. Поэтому выходной импеданс ИСН является важным техническим параметром.

Методики измерения импеданса предполагают использование специализированных приборов, и исследуемое устройство рассматривается как пассивный двухполюсник. Но обычно каждый ИСН имеет в своем составе регулятор, представляющий собой активный фильтр в диапазоне частот от нуля до сотен килогерц. Кроме этого, в составе ИСН присутствует и широкополосный пассивный выходной фильтр с выраженной индуктивной составляющей в верхней части частотного диапазона. Поэтому в целом ИСН нельзя рассматривать как пассивный двухполюсник.

В диапазоне частот до 1 кГц значение импеданса обусловлено работой регулятора ИСН, в диапазоне 1-10 кГц – параметрами выходного фильтра. На частотах выше 10 кГц значительное влияние на величину импеданса оказывают паразитные параметры элементов фильтра.

При решении задачи разработки и экспериментальной проверки методики измерения импеданса в

спектре частот от единиц герц до сотни мегагерц применялись современные средства измерения: двухканальный осциллограф Tektronix TDS3012B, токовый пробник ТСПЗОЗ, усилитель ТСРАЗОО.

На рисунке 4 представлена схема установки для измерения импеданса. Токовый пробник ТСПЗОЗ совместно с усилителем ТСРАЗОО позволяет измерять ток амплитудой до 30 А в диапазоне частот 0-100 МГц.

Синусоидальный ток I создается управляемой нагрузкой. Пульсации напряжения U на выходе исследуемого преобразователя измеряются осциллографом.

На входе $K2$ осциллографа и входе усилителя обеспечена связь по переменному току. В процессе перестройки частоты изменяются сдвиг по фазе между током и напряжением, а также соотношение между пульсациями на рабочей частоте преобразователя и пульсациями на частоте измерения импеданса.

Значение модуля импеданса $|Z_{Вых}|$ на текущей частоте рассчитывается по закону Ома

$$|Z_{Вых}| = \frac{\Delta U}{\Delta I},$$

где ΔU – пульсации напряжения, В;

ΔI – пульсации тока, А.

Пульсации выходного напряжения на рабочей частоте силовых ключей, представляю-

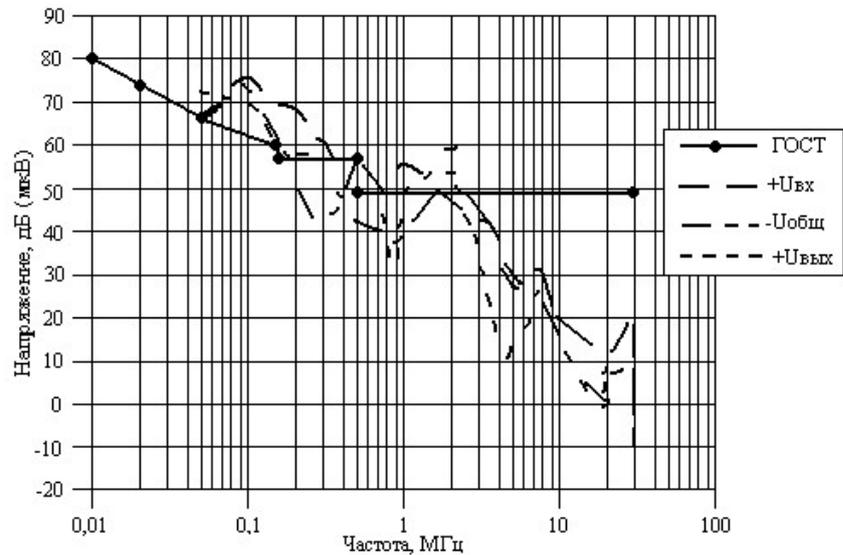


Рисунок 3 – Напряжение несимметричной помехи импульсного преобразователя энергии в алюминиевом экране с проходными конденсаторами

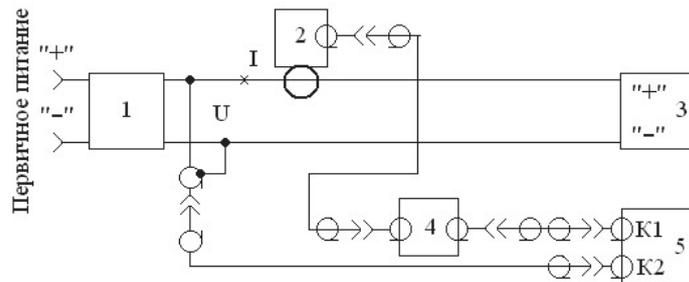


Рисунок 4 – Схема измерения импеданса: 1-испытуемый ИСН; 2-токовый пробник ТСПЗОЗ; 3-управляемая нагрузка; 4-усилитель ТСРАЗОО; 5-осциллограф Tektronix TDS3012B (K1, K2-входы соответствующих каналов); U-измеряемое напряжение; I-измеряемый ток

щие собой высокочастотное заполнение, не учитываются.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет измерить выходной импеданс ИСН в диапазоне частот от единиц герц до сотни мегагерц при токе синусоидальной формы амплитудой до 30 А в цепи нагрузки. Погрешность измерения с использованием курсоров для указанного типа осциллографа не превышает 3%, что приемлемо для инженерных расчетов.

В итоге, комплексное использование импульсного преобразователя энергии с измененным элементным составом и предлагаемой методики измерения выходного импеданса импульсного стабилизатора напряжения позволяют достоверно оценить и повысить качество выходных электрических параметров автономных систем электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сеньков, В.И. Высокочастотные помехи, создаваемые импульсными стабилизаторами напряжения / В.И. Сеньков // Электронная техника в автоматике: сб. ст. -М., 1982. -Вып.13. -С. 102-110.

2 Глазенко, Т.А. Прогнозирование высокочастотных помех, создаваемых транзисторными широтно-импульсными преобразователями / Т.А. Глазенко, В.И. Сеньков // Электричество. -1984. -№12. -С. 21-30.

3 Селяев, А.Н. Оценка помеховых электромагнитных полей импульсных преобразователей электрической энергии / А.Н. Селяев, А.М. Гаврилов, И.Е. Гребенев // Энергетика: экология, надежность, безопасность: материалы десятой Всерос. науч.-техн. конф. / Том. политехн. ун-т. -Томск, 2004.

4 Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. -М.: Техносфера, 2006.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *система автономного электроснабжения, напряжения помех, электромагнитная совместимость*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Богданов Евгений Петрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»*

НЕЧЕТКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.З. Манусов, Д.И. Коваленко

INDISTINCT MATHEMATICAL MODELS OF DIAGNOSTICS OF THE TRANSFORMER EQUIPMENT

«Novosibirsk state technical university»

V.Z. Manusov, D.I. Kovalenko

In the conditions of market economy and the accruing competition subjects of power industry aspire to reduce expenses and at the same time to increase reliability of power supply of consumers. It is known that funds of power industry demand big costs of maintenance them in a condition of operational readiness. In article attempt of creation of mathematical model of diagnostics of the transformer equipment on the basis of indistinct mathematical models is considered that in turn can increase quality of operation of the electropower equipment and by that to reduce existing expenses in branch.

Keywords: diagnostics, indistinct sets

В условиях рыночной экономики и нарастающей конкуренции субъекты электроэнергетики стремятся сокращать издержки и одновременно повышать надежность электроснабжения потребителей. Известно, что фонды электроэнергетики требуют больших затрат на поддержание их в состоянии эксплуатационной готовности. В статье рассмотрена попытка создания математической модели диагностики трансформаторного оборудования на основе нечетких математических моделей, что в свою очередь может повысить качество эксплуатации электроэнергетического оборудования и тем самым сократить существующие издержки в отрасли.

Передача и распределение электрической энергии практически во всех случаях невозможна без процесса ее преобразования с помощью трансформаторного оборудования. Под данным типом оборудования будем понимать силовые трансформаторы, масляные дугогасящие и шунтирующие реакторы. Дефекты, возникающие при эксплуатации электроэнергетического оборудования, сказываются на надежности электроснабжения потребителей. Поэтому важной задачей является поддержание эксплуатационной надежности и работоспособности электроэнергетического оборудования.

На сегодняшний день распространена практика поддержания эксплуатационной готовности электроэнергетического оборудования на основе принципов планово-предупредительных ремонтов и регламентации процесса обслуживания электрических аппаратов. Ремонты, испытания, осмотры электрооборудования происходят с периодичностью и в сроки регламентирующих норм и правил. Но нередки случаи внезапного выхода из строя

оборудования, в результате развивающегося в течение определенного времени дефекта. Некачественная диагностика в процессе эксплуатации не позволяет определить начальную стадию развития дефекта. Известно, что дешевле произвести ремонт оборудования на начальной стадии развития дефекта, чем устранять последствия аварийного выхода из строя электрического аппарата.

Основными затруднениями при распознавании развивающихся дефектов являются нечеткость или неопределенность получаемых данных при снятии показаний с рецепторов. Несколько специалистов, диагностирующих электрооборудование, могут дать разные оценки состояния электрооборудования. На основе полученных нечетких данных необходимо сделать предварительный вывод о возможных причинах этих отклонений и разработать мероприятия по устранению выявленных замечаний.

Пусть имеется информация о перегреве силового трансформатора. Рассуждая о причинах этого, по эксплуатационному опыту, специалист может построить некоторую иерархию факторов, которые приводят к перегреву: высокая температура окружающей среды, дефект маслонасоса или вентилятора системы охлаждения, засорение сот радиатора системы охлаждения, неисправность индикатора температуры масла и другие. Каждому из этих факторов дается некоторая относительная оценка от 0 до 1, свидетельствующая о том, насколько вероятна возможность перегрева именно по оцениваемой причине.

Предположить, какой из рассматриваемых факторов, ведущих к неисправности предпочтительнее, поможет нечеткий логический вывод, основанный на теории нечетких множеств. Основная идея теории состоит в расширении классического понятия множества. Если функция принадлежности «обычного множества» может принимать только два значения – 0 или 1, то в случае нечеткого (fussy) множества ее значения заполняют весь отрезок [0, 1].

Нечетким множеством \tilde{A} на универсальном множестве U называется совокупность пар $(\mu_A(u), u)$, где $\mu_A(u)$ – степень принадлежности элемента $u \in U$ нечеткому множеству \tilde{A} [1]. Степень принадлежности – это число из диапазона [0, 1]. Чем выше степень принадлежности, тем большей мерой элемент универсального множества соответствует свойствам нечеткого множества. Функцией принадлежности называется функция, позволяющая для произвольного элемента универсального множества вычислить степень его принадлежности нечеткому множеству.

Представим в виде нечеткого множества понятие «высокая температура масла в трансформаторе» на универсальном множестве $\{20, 30, 35, 50, 57, 75\}$. Одно из возможных решений данного примера может выглядеть так

$$A = \left(\frac{0}{20}, \frac{0,1}{30}, \frac{0,15}{35}, \frac{0,5}{50}, \frac{0,7}{57}, \frac{1}{75} \right). \quad (1)$$

Человеку привычнее задавать значения переменной не числами, а словами, а затем, при необходимости, слова «более», «менее» и т.д. можно преобразовать в числовые формы посредством сравнения полученной информации. Лингвистической переменной называется переменная, значениями которой могут быть слова или предложения некоторого искусственного языка [2]. С помощью лингвистической переменной можно приближенно описать явления, которые настолько сложны или плохо определены, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах. Таким образом, математический аппарат теории нечетких множеств позволяет моделировать рассуждения человека и тем самым представить развернутую картину при принятии решения в условиях неопределенности.

Примем нечеткую математическую модель диагностики трансформатора в форме нечетких отношений между причиной и следствием неисправности, которые проявляются внешне, как некоторое отклонение и служит симптомом дефектного состояния.

Конкретные входы (предпосылки) и выходы (заключения) можно рассматривать как нечеткие множества \tilde{A} и \tilde{B} на пространствах X и Y . Отношения этих множеств можно обозначить как

$$\tilde{B} = \tilde{A} \times \tilde{R}, \quad (2)$$

где \times – обозначает правило композиции нечеткого вывода.

Исходя из вышесказанного и используя теорию нечетких множеств с помощью экспертных оценок, составим структурную матрицу нечетких отношений между причинами возникновения и их следствиями.

При этом дефекты, обнаруживаемые у силовых трансформаторов:

- y_1 – перегрев трансформатора;
- y_2 – шум и повышенная вибрация трансформатора;
- y_3 – большой ток в цепях контроля изоляции вводов.

В то время как возможные причины возникновения дефектов следующие:

- x_1 – высокая температура окружающей среды;
- x_2 – неисправность системы охлаждения;
- x_3 – перегрузка по току;
- x_4 – пожар стали магнитопровода;
- x_5 – несимметричность нагрузки по фазам;
- x_6 – ослабление крепления обмотки или ярма магнитопровода;
- x_7 – повреждения внутри бака трансформатора (реактора);
- x_8 – повышенное напряжение в сети;
- x_9 – замыкание внутри бака трансформатора (реактора);
- x_{10} – ухудшение изоляционных характеристик ввода;
- x_{11} – загрязнение поверхности ввода;
- x_{12} – неисправность цепей измерения;
- x_{13} – атмосферные осадки.

Между x_i и y_j имеются нечеткие отношения $r_{ij} = x_i \rightarrow y_j$, которые можно представить в виде некоторой матрицы \tilde{R} с элементами $r_{ij} \in [0,1]$.

Согласованные знания экспертов по диагностике силовых трансформаторов представляют собой следующую матрицу нечетких отношений между дефектами и причинами их возникновения

$$\tilde{R} = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,8 & 0,2 \\ 0,8 & 0,3 & 0,1 \\ 0,4 & 0,3 & 0,1 \\ 0,3 & 0,5 & 0,1 \\ 0,3 & 0,7 & 0,2 \\ 0,1 & 0,9 & 0,1 \\ 0,2 & 0,5 & 0,2 \\ 0,2 & 0,5 & 0,6 \\ 0,2 & 0,6 & 0,1 \\ 0,1 & 0,2 & 0,9 \\ 0,1 & 0,1 & 0,7 \\ 0,2 & 0,1 & 0,8 \\ 0,1 & 0,1 & 0,6 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

В результате осмотра работающего трансформатора его техническое состояние можно оценить

$$\tilde{B} = \frac{0,6}{y_1} + \frac{0,4}{y_2} + \frac{0,2}{y_3} \quad (4)$$

Иначе говоря, общее техническое состояние трансформатора можно представить в пространстве состояний в виде следующих нечетких оценок: перегрев с принадлежностью 0,6, шум и повышенная вибрация с принадлежностью 0,4 и большой ток в цепях контроля изоляции вводов с принадлежностью 0,2.

Требуется определить причины такого состояния

$$A = \frac{\mu_1}{x_1} + \frac{\mu_2}{x_2} + \frac{\mu_3}{x_3} + \frac{\mu_4}{x_4} + \frac{\mu_5}{x_5} + \frac{\mu_6}{x_6} + \frac{\mu_7}{x_7} + \frac{\mu_8}{x_8} + \frac{\mu_9}{x_9} + \frac{\mu_{10}}{x_{10}} + \frac{\mu_{11}}{x_{11}} + \frac{\mu_{12}}{x_{12}} + \frac{\mu_{13}}{x_{13}} \quad (5)$$

В результате соответствующих математических операций приходим к нечеткому логическому выводу, который представляет собой заключение в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов с использованием нечеткой базы знаний. Не-

четким логическим выводом (fuzzy logic inference) называется аппроксимация зависимости каждой выходной лингвистической переменной от входных лингвистических переменных и получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций. Основу нечеткого логического вывода составляет композиционное правило.

Решение системы нечетких уравнений показывает, что при заданных экспертных оценках, отраженных в матрице нечетких отношений, можно с соответствующей долей достоверности утверждать о возможных причинах неисправности трансформаторного оборудования с соответствующей иерархической структурой от наиболее вероятной причины к наименее вероятной.

Наиболее вероятными причинами перегрева, с принадлежностью 0,6 являются:

- неисправность системы охлаждения трансформатора;
- высокая температура окружающей среды;
- перегрузка по току.

Наиболее вероятными причинами шума и повышенной вибрации трансформатора, с принадлежностью 0,4 являются:

- ослабление крепления обмотки или ярма магнитопровода;
- высокая температура окружающей среды;
- несимметричность нагрузки по фазам.

Наиболее вероятными причинами большого тока в цепях изоляции вводов, с принадлежностью 0,2 являются:

- ухудшение изоляционных характеристик ввода;
- неисправность цепей измерения;
- загрязнение поверхности ввода.

Представленная математическая модель диагностики трансформаторного оборудования позволяет учитывать перекрестное влияние различных факторов, участвующих, как в одних, так и в других симптомах, например, факторы, влияющие на шум и вибрацию, отчасти способствуют изменению принадлежности влияния тех или иных факторов на нагрев или на величину тока в цепях изоляции вводов. Это позволяет надеяться на возможность построения универсальной математической нечеткой модели оценки технического состояния не только трансформаторного, но и электроэнергетического оборудования в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. -М: Горячая линия-Телеком, 2007. - 288 с.
- 2 Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. -М.: Мир, 1976. -167 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагностика, нечеткие множества

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»

Коваленко Дмитрий Иванович, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

БЫТОВОЕ КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ С ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.Ю. Нейман, О.В. Рогова

THE HOUSEHOLD COMPRESSOR EQUIPMENT WITH LINER ELECTROMAGNETIC MOTORS

«Novosibirsk state technical university»

V.Yu. Neyman, O.V. Rogova

The basic types of household compressor equipment drives are considered and shortly classified. Possibility of rotary electric motors replacement by direct drive linear ones is discussed.

Keywords: household compressor, electromagnetic motor, constructive solutions classification

Рассматривается возможность перехода от приводов вращательного принципа действия к электромагнитным применительно к бытовому компрессорному оборудованию.

Развитие научно-технического прогресса привело к ужесточению и увеличению требований, предъявляемых к компрессорам, в число этих показателей входят: себестоимость, энергопотребление, удельные массогабаритные параметры, надежность, долговечность, технологичность, ремонтпригодность, транспортабельность. В большинстве современных серийно выпускаемых маломощных компрессорах бытового назначения рабочий орган приводится в движение посредством электродвигателей вращательного действия: асинхронные двигатели используются в бытовом холодильном оборудовании, в компрессорах для систем кондиционирования и для аэрографии; коллекторные двигатели – в дентальных и автомобильных компрессорах для подкачки шин, в компрессорах для аэрографии и т.д.

Следует отметить, что вращательные типы приводов исследованы достаточно хорошо, однако их существенным недостатком является наличие между двигателем и рабочим органом кинематических пар, преобразующих движение из вращательного в возвратно-поступательное движение рабочего органа, которое наиболее оптимально осуществлять без дополнительных передаточных механизмов, например, посредством использования линейных электромагнитных двигателей. Компрессоры с подобным типом привода, по сравнению с электродвигателями вращательного действия, обладают рядом неоспоримых преимуществ: помимо возможного снижения энергозатрат, снижается материалоемкость, уровень шума и вибраций при работе, повышается ремонтпригодность и износостойкость элементов конструкции в целом, отпадает необходимость применения кинематических звеньев, преобразующих вращательное движение в возвратно-поступательное [1, 2].

В целях установления конкурентоспособности и наличия спроса на компрессоры с линейным электромагнитным приводом у конечного потребителя было проведено анкетирование, по результатам которого выявлено, что процентное соотношение респондентов в вопросах использования компрессорного оборудования, направленности его применения, распределилось следующим образом: для бытовых потребностей компрессор используют 61%, для профессиональных – 39%. Что касается областей применения, то их процентное распределение в общем объеме производимого оборудования представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Области применения компрессорного оборудования

Полученные данные позволяют утверждать, что бытовое компрессорное оборудование имеет широкую область применения, при этом треть используемого оборудования применяется для накачки шин.

Так же следует отметить, что при выборе компрессорного оборудования потребитель в первую очередь оценивает его стоимость и потребительские свойства, из последних на первый план выходят технические характеристики и масса устройства, так как данный вид оборудования является переносным и должен обеспечивать мобильность его перемещения.

По результатам опроса была выполнена оценка наиболее важных по мнению потребителей критериев к рабочим характеристикам данного оборудования. Для наглядности этой оценки все данные сведены в таблицу.

Анализируя данные таблицы, следует отметить, что при разработке линейного электромагнитного компрессора учитывались параметры, наиболее полно удовлетворяющие заявленным требованиям потребителей.

На основании выполненного анализа конструктивных особенностей существующих в настоящее время электромагнитных компрессоров с возвратно-поступательным движением рабочего органа можно сделать вывод о том, что в процессе работы существующих уст-

ройств, при переменных нагрузках компрессора, может возникать биение рабочего органа об элементы конструкции двигателя.

Так же данные компрессоры обладают невысоким КПД ввиду небольшой величины хода рабочего органа и больших потерь на тепло в стальных магнитопроводящих элементах конструкции, так же отсутствует возможность регулировки хода поршня (мембраны).

Таблица – Основные параметры компрессорного оборудования

Мощность, кВт	Доля, %	Давление, атм.	Доля, %	Производительность, м ³ /мин	Доля, %	Масса, кг	Доля, %	Ценовой диапазон, руб.	Доля, %
<0,3	18	1	12	10-30	34	0,3-1	35	300-700	5
0,3-0,6	18	1-3	9	30-50	20	1-2	20	700-1000	10
0,6-1	16	3-5	15	50-80	18	2-3	13	1000-1500	15
1-1,5	20	5-6	15	80-120	12	4-5	10	1500-2000	13
1,5-3	18	7	12	120-150	10	5-7	19	2000-2500	15
3-5	4	8	17	150-180	2	8-12	2	2500-3000	13
5-8	2	9	12	180-200	1	12-18	1	3000-3500	10
8-12	3	10	3	200-230	2	18-20	0	3500-4000	12
12-15	1	11-12	2	230-250	1	20-23	0	4000-5000	4
>15	0	>12	3	>250	0	>23	0	> 5000	3

По результатам проведенного анализа конструкций, описанных в зарубежных и отечественных патентных источниках, были выявлены основные пути совершенствования конструкций электромагнитных компрессоров (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные пути совершенствования конструкций электромагнитных компрессоров

На основании полученных данных предлагается конструкция электромагнитного компрессора, основной особенностью которой является улучшение таких показателей, как надежности и КПД компрессоров бытового и специализированного назначения. Это достигается за счет того, что сердечник и якорь двигателя полностью выполнены из шихтованных листов электротехнической стали и снабжены кольцевыми выступами, сопряженными по их

внутреннему и внешнему диаметрам, создающими полюсные деления. Такое конструктивное решение позволяет при работе компрессора ограничивать ход рабочего органа, тем самым предотвращается биение рабочего органа об элементы конструкции. Изменение размеров полюсных делений позволяет устанавливать величину хода рабочего органа компрессора.

На рисунке 3 показана конструкция предлагаемого электромагнитного компрессора (рисунок 3а), а так же представлен якорь устройства, сопряженный посредством вала с рабочим органом (рисунок 3б) [3].

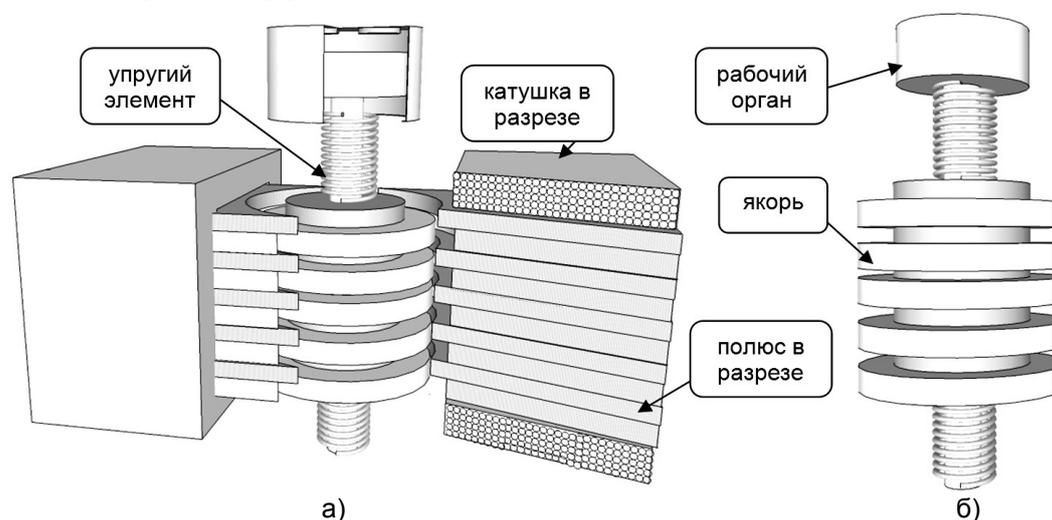


Рисунок 3 – Электромагнитный компрессор

Линейный электромагнитный компрессор работает следующим образом: при подаче пульсирующего напряжения на катушки колеблющееся тело якоря начинает совершать возвратно-поступательные движения и приводит в движение жестко с ним связанный поршень, который производит сжатие и нагнетание рабочей среды потребителю.

Следует отметить, что следующим этапом совершенствования конструкции описанного выше электромагнитного компрессора является гашение вибраций при его работе и повышение равномерности подачи рабочей среды. Это достигается путем введения системы амортизирующих элементов и ресивера, который позволяет осуществлять сглаживание пульсаций давления, таким образом, обеспечивая равномерность подачи рабочей среды потребителю, хранение накопленной при нагнетании рабочей среды и ее охлаждение, а так же демпфирование пиковых нагрузок, тем самым, снижая пиковые нагрузки на двигатель компрессора. В настоящее время получено положительное решение на полезную модель, целью которой является решение описанной выше задачи.

Актуальность разработки подобного оборудования подтверждается тем, что в настоящее время наметилась тенденция использования электромагнитных двигателей в холодильных компрессорах нового поколения, аэраторах семян, аквариумных компрессорах, небулайзерах. Интерес к подобным конструкциям периодически проявляется, о чем, например, свидетельствует промышленный выпуск холодильников с линейным электромагнитным приводом компанией LG, которая в 2001 году первой вывела на рынок линейные компрессоры. К 2015 году компания LG намерена увеличить объемы использования линейных компрессоров до 50%. В настоящее время производством компрессоров с линейным двигателем так же занимаются такие ведущие мировые компании, как Samsung и Electrolux [4].

В настоящее время проведен анализ конструкций электромагнитных компрессоров по зарубежным и отечественным патентным источникам, систематизирована классификация электромагнитных компрессоров, а так же на кафедре ТОЭ и ТОПП Новосибирского Государственного Технического университета ведутся исследования и разработка физической модели электромагнитного линейного компрессора в рамках полученного финансирования по научному гранту НГТУ с целью дальнейших исследований. Разработанная конструкция электромагнитного компрессора позволяет, применяя простые технические решения (выполнение якоря и сердечника шихтованными), добиться снижения потерь на вихревые токи и, за счет технологичности изготовления, снизить конечную стоимость продукта без снижения его качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смелягин, А.И. Синтез и исследование машин и механизмов с электромагнитным приводом / А.И. Смелягин; отв. ред. Ю.П. Мисюк. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991. -248 с.
- 2 О повышении энергоэффективности бытового компрессорного оборудования / В.Ю. Нейман, О.В. Рогова, А.С. Сатаева, А.С. Недайводина // Инновационная энергетика 2010: материалы второй науч.-практ. конф. с междунар. участием / Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск, 2010. -С. 271-273.
- 3 Пат. 112722, Российская Федерация, F054В. Электромагнитный компрессор / В. Ю. Нейман, О.В. Рогова; НГТУ. - №2011133626; заявл. 10.08.11; опубл. 20.01.12. -1 с.
- 4 Рогова, О.В. Тенденции развития и перспективы использования линейных электромагнитных компрессоров / О.В. Рогова // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: семнадцатая междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. -М., 2011. -С. 82-83.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бытового компрессор, электромагнитный двигатель, классификация конструктивных решений

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Нейман Владимир Юрьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Рогова Ольга Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Г.В. Рогов

USING VOLTAGE SOURCE CONVERTERS TO INCREASE POWER QUALITY IN RAILWAY POWER SUPPLY SYSTEMS
«Novosibirsk state technical university»
G.V. Rogov

The paper proposes using active voltage conditioners directly affecting voltage magnitude, balance and harmonic content at grid connection point. Active voltage conditioner control algorithm is developed.

Keywords: voltage source converter, power quality, active voltage conditioner

Предложено применение активных кондиционеров напряжения, напрямую воздействующих на гармонический состав, симметрию и модуль напряжения в точке подключения к сети. Разработан алгоритм управления активным кондиционером напряжения по локальным данным.

Тяговая нагрузка обладает рядом особенностей. Перемещение электровозов в пространстве и изменение потребляемой ими мощности означает изменение не только электрических нагрузок, но и сопротивления ветвей, соединяющих нагрузку с питающими узлами. Это является основной причиной значительных и резких отклонений напряжения от номинального значения в электрических сетях, питающих тяговую нагрузку. Электровозы являются однофазными электроприемниками, и их наличие вызывает несимметрию токов и напряжений в питающей сети. Существуют способы снижения несимметрии тяговой нагрузки, основанные на применении специальных схем соединения обмоток тяговых трансформаторов, однако они не устраняют проблему полностью. Наконец, электровозы питаются от сети переменного тока через выпрямители, которые являются источниками токов высших гармоник. Перечисленные особенности обуславливают низкое качество электроэнергии в протяженных сетях электроснабжения тяговой нагрузки. В частности, в сети электроснабжения Байкало-Амурской магистрали (БАМ) практически на всех подстанциях отклонение напряжения, коэффициент несимметрии и коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения превышают допустимые значения [1].

Снижение несимметрии и обеспечение желаемых уровней напряжения осуществимо при установке в нескольких точках сети пофазно управляемых средств компенсации реактивной мощности. Решение проблемы несинусоидальности принципиально возможно при установке на каждой тяговой подстанции пассивных, гибридных или параллельных активных фильтров высших гармоник. Фильтры позволяют снизить уровень токов высших гармоник, проникающих в питающую сеть из тяговой сети, и добиться приемлемых значений коэффициента искажения кривой напряжения. Однако такое решение наталкивается на препятствия, обусловленные интересами собственников подстанций. Видение проблем и путей их решения разных собственников могут зачастую оказываются противоречивыми. Большая

часть тяговых подстанций принадлежит ОАО «РЖД». Вдоль трассы БАМ расположено около тридцати подстанций, от которых осуществляется питание тяговой нагрузки. Только семь из них находятся в собственности ОАО «ФСК ЕЭС». Установка пассивных, гибридных или активных фильтров на таком относительно малом количестве подстанций не оказывает существенного влияния на протекание токов высших гармоник в питающей сети и не позволяет обеспечить допустимые коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения. Необходимы другие решения.

На базе современных устройств силовой электроники возможно создание активного кондиционера напряжения (АКН) – устройства, способного оказывать положительное воздействие на все рассматриваемые показатели качества электроэнергии: симметрию, гармонический состав и модуль напряжения. АКН представляет собой трехфазный мостовой преобразователь напряжения (ПН) на полностью управляемых вентилях с конденсатором на стороне постоянного тока и подключенный к сети через трансформатор (рисунок 1). Управление моментами коммутации вентилей с помощью широтно-импульсной модуляции позволяет создавать на выводах каждой фазы ПН напряжение желаемой величины, фазы и гармонического состава. Стратегия управления заключается в том, чтобы напряжение в точке подключения АКН к сети (то есть, на стороне высокого напряжения трансформатора, через который ПН подключен к сети) имело желаемую величину, было симметричным и содержало практически только первую гармонику. Напряжение на выводах ПН при этом, в общем случае, несимметрично и несинусоидально. То есть, в отличие от активного фильтра, который воздействует на токи, АКН напрямую воздействует на напряжение. Установка АКН на подстанциях, принадлежащих ОАО «ФСК ЕЭС», позволит поддерживать идеальное по модулю, симметрии и гармоническому составу напряжение на этих подстанциях. Так как установка АКН не исключает протекание несимметричных токов высших гармоник в питающей сети, то напряжение на других подстанциях не будет идеальным, но, при определенных условиях, будет иметь приемлемые показатели качества.

При формировании схемы замещения электрической системы АКН может быть представлен источниками ЭДС, удаленными от сети на сопротивление трансформатора (рисунок 2). Источники ЭДС представляют собой напряжение на выводах ПН и могут независимо изменяться по величине, фазе и гармоническому составу. Напряжение на выводах ПН представляет собой последовательность прямоугольных импульсов, которая при разложении в ряд Фурье дает сумму синусоид разных частот. Поэтому расчет цепи, содержащей АКН, может осуществляться традиционным методом: расчет в комплексном виде каждой гармоники в отдельности с последующим наложением результатов расчетов.

Определение напряжений на выводах ПН, обеспечивающих желаемое напряжение в точке подключения АКН к сети не представляет принципиальных затруднений при имеющейся расчетной схеме сети. Движение электровозов вызывает ежесекундное изменение расчетной схемы. Кроме того, изменяются нетяговые нагрузки, режимы работы генераторов электростанций,

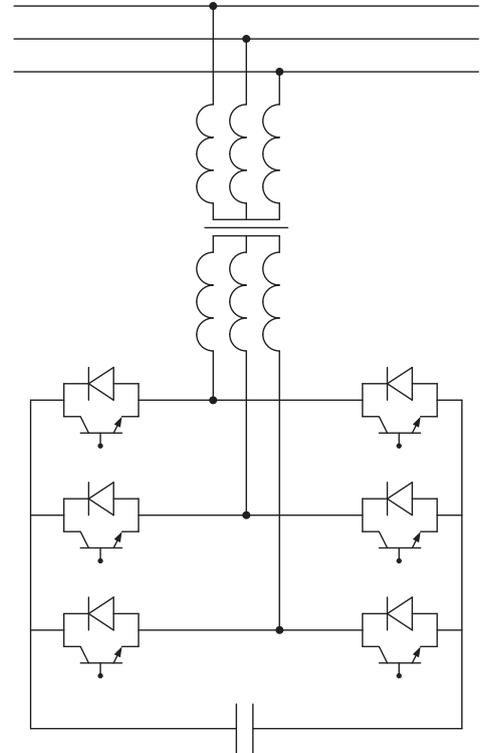


Рисунок 1 – Принципиальная схема АКН

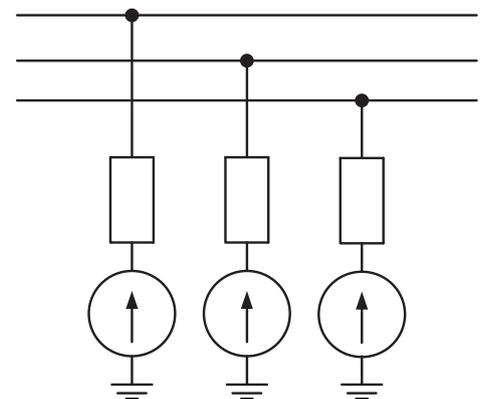


Рисунок 2 – Схема замещения АКН

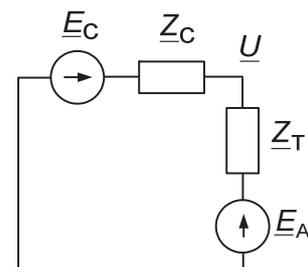


Рисунок 3 – Эквивалентная схема сети с АКН

происходят коммутации линий и трансформаторов. Соответственно должны постоянно изменяться напряжения на выводах ПН АКН. Для верного определения этих напряжений в каждый момент требуется полная и точная расчетная схема, которая, очевидно, не может быть получена. Поэтому необходим алгоритм, позволяющий судить о режиме сети и определять необходимые напряжения на выводах ПН по информации, получаемой замером в точке подключения АКН. Ниже предлагается такой алгоритм.

В соответствии с методом эквивалентного генератора [2] вся сеть за исключением ветви АКН может быть представлена в виде ЭДС \underline{E}_C за сопротивлением \underline{Z}_C (рисунок 3).

Рассматривая отдельную фазу и отдельную гармонику порядка i , для схемы рисунок 3 можно записать

$$\underline{E}_A^{(i)} = \frac{\underline{U}_ж^{(i)} \underline{Z}_C^{(i)} + \underline{U}_ж^{(i)} \underline{Z}_T^{(i)} - \underline{E}_C^{(i)} \underline{Z}_T^{(i)}}{\underline{Z}_C^{(i)}}, \quad (1)$$

где $\underline{E}_A^{(i)}$ – необходимое напряжение на выводах ПН;

$\underline{U}_ж^{(i)}$ – желаемое напряжение в точке подключения АКН к сети;

$\underline{Z}_T^{(i)}$ – сопротивление трансформатора, через который АКН подключен к сети.

Для высших гармоник, с учетом равенства желаемого напряжения нулю, выражение (1) преобразуется:

$$\underline{E}_A^{(i)} = -\frac{\underline{E}_C^{(i)} \underline{Z}_T^{(i)}}{\underline{Z}_C^{(i)}}. \quad (2)$$

ЭДС эквивалентного генератора $\underline{E}_C^{(i)}$ равна напряжению холостого хода на зажимах ветви АКН и может быть определена замером непосредственно перед включением АКН. Определение точного значения $\underline{Z}_C^{(i)}$ на момент включения АКН затруднительно, поэтому в первом приближении может быть задано предварительно вычисленное ориентировочное значение. Из-за несоответствия принятого значения $\underline{Z}_C^{(i)}$ действительному созданию на выводах ПН напряжения $\underline{E}_A^{(i)}$ не обеспечит желаемого напряжения в точке подключения АКН. Поэтому значение $\underline{Z}_C^{(i)}$ должно быть скорректировано исходя из действительного значения напряжения в точке подключения $\underline{U}_д^{(i)}$, определяемого замером

$$\underline{Z}_C^{(i)} = \frac{\underline{U}_д^{(i)} \underline{Z}_T^{(i)} - \underline{E}_C^{(i)} \underline{Z}_T^{(i)}}{\underline{E}_A^{(i)} - \underline{U}_д^{(i)}}. \quad (3)$$

Пересчет $\underline{E}_A^{(i)}$ по выражениям (1) и (2) через скорректированное значение $\underline{Z}_C^{(i)}$ позволит определить необходимое напряжение на выводах ПН, обеспечивающее идеальное напряжение в точке подключения.

Изменение схемно-режимной ситуации в сети приводит к изменению $\underline{E}_C^{(i)}$ и $\underline{Z}_C^{(i)}$, поэтому пересчет по выражениям (1)-(3) должен осуществляться постоянно. В предложенном алгоритме $\underline{E}_C^{(i)}$ считается неизменным, корректируется только $\underline{Z}_C^{(i)}$, тем не менее, независимо от того, какой из параметров эквивалентного генератора изменяется в действительности, алгоритм позволяет определить верное значения тока в цепи и необходимое напряжение на выводах ПН.

Исключение высших гармоник напряжения в точке подключения осуществляется при поддержании на выводах ПН напряжения, определяемого как

$$e = \sum_i e_i,$$

где e_i – мгновенные значения напряжения каждой гармоники, соответствующие комплексным величинам $\underline{E}_A^{(i)}$, определяемым по (1) и (2).

Симметрирование и обеспечение желаемого модуля напряжения в точке подключения достигается при задании в (1) в качестве $\underline{U}_ж^{(i)}$ для трех фаз симметричной системы напряжения необходимой величины. Так как АКН не может длительно выдавать или потреблять активную мощность, то получаемая симметричная система напряжений должна быть ориентирована на комплексной плоскости относительно исходной несимметричной системы напряжений таким образом, чтобы активная мощность, протекающая в ветви АКН, была равна по-

терям в элементах АКН. Выполнение этого условия обеспечивается регулятором, определяющим соответствующий угол желаемого напряжения.

Предложенный алгоритм управления АКН реализован в модели, созданной в приложении Simulink программного комплекса MATLAB. Результаты моделирования доказывают работоспособность и высокое быстродействие алгоритма.

Применение АКН представляется единственным приемлемым для собственников подстанций способом решения проблемы гармонических искажений в сетях электроснабжения БАМ и других железных дорог. АКН способен также влиять на симметрию и модуль напряжения и позволяет отказаться от дополнительных пофазно управляемых средств компенсации реактивной мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Долгов, А.П. Повышение качества электроэнергетики в системах электроснабжения железных дорог восточной Сибири / А.П. Долгов, С.А. Кондаков, М.А. Осадчев // Международная молодежная научно-техническая конференция «Управление, информатизация и оптимизация в электроэнергетических системах», [г.Новосибирск], 21-24 сент. 2011 г.: тез. докл. -Новосибирск, 2011. -С. 70.

2 Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. -4-е изд., перераб. и доп. -М.: Высш. шк., 1996. - 638 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: преобразователь напряжения, качество электроэнергии, активный кондиционер напряжения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Рогов Григорий Викторович, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Ю.С. Боровиков, А.С. Гусев, А.О. Сулайманов

HYBRID MODEL OF A POWER LINE

«National research Tomsk polytechnic university»

Yu.S. Borovikov, A.S. Gusev, A.O. Sulaymanov

The basic principles of creation of hybrid model of a power line are formulated. Realization of model of a power line in the form of the hybrid processor as a part of a vserezhimny modeling complex of electropower systems is given.

Keywords: variable modeling, electropower systems, schemes of modeling, hybrid model of a power line

Сформулированы основные принципы построения гибридной модели линии электропередачи (ЛЭП). Приведена реализация модели ЛЭП в виде гибридного процессора в составе всережимного моделирующего комплекса электроэнергетических систем.

При построении всережимных моделирующих комплексов реального времени (ВМК РВ) электроэнергетических систем (ЭЭС), основанных на разработанной в Томском политехническом университете концепции всережимного моделирования, важным параметром является оптимальное сочетание глубины математического описания моделируемого элемента ЭЭС и сложности (объема) его реализации в виде процессорного блока. Это связано с тем, что в вышеуказанной концепции всережимного моделирования предполагается использование гибридного подхода к моделированию, а именно сочетание трех видов моделирования: физического, математического аналогового и математического цифрового. При этом решение системы дифференциальных уравнений описывающей какой-либо объект ЭЭС (генератор, линия электропередачи (ЛЭП), силовой трансформатор, двигателей и т.д.) реализуется при помощи аналоговой вычислительной техники. Связи между элементами ЭЭС реализованы на физическом уровне с использованием преобразователей «напряжение-ток». Поэтому выбор математического описания ЛЭП определяется двумя параметрами:

– составом физических процессов в ЛЭП требуемых к адекватному воспроизведению в ВМК РВ ЭЭС;

– сложностью и объемом реализации модели ЛЭП в виде аналогового решающего электронного блока.

Совокупность аналогового электронного блока, системы управления этим блоком, системы получения информации из блока, выходной части, системы коммутации выходной части получили название гибридного процессора ЛЭП. Общая структура гибридного процессора

ЛЭП показана на рисунке 1.

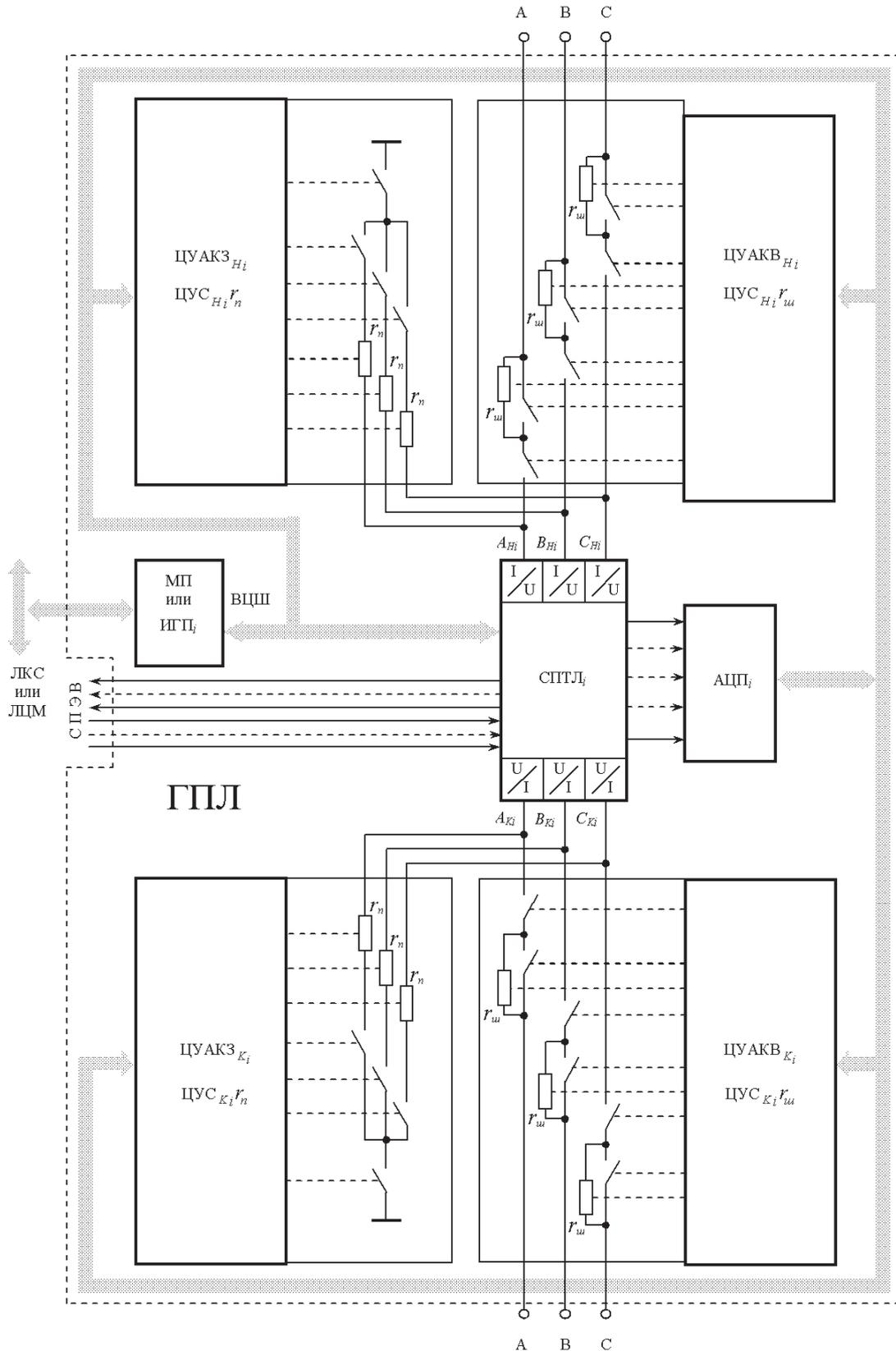


Рисунок 1 – Общая структура гибридного процессора ЛЭП

В отличие от прочих элементов ЭЭС, физическая сущность которых позволяет достаточно обоснованно и в подавляющем большинстве случаев без ощутимой погрешности считать их элементами с сосредоточенными параметрами, для ЛЭП, особенно высокого и сверхвысокого напряжения длиной 50 км, во многих случаях оказывается целесообразным и нередко необходимым учет распределенности параметров.

Поэтому в подавляющем большинстве случаев ЛЭП считаются симметричными. В противном случае, линия делится на участки, в пределах которых можно полагать однородную распределенность параметров, или осуществлять эквивалентное усреднение неоднородности распределенности параметров [2] в результате чего обеспечивается наиболее приемлемая для теории и практики моделирования ЭЭС возможность симметричного представления ЛЭП или ее участков в виде известной, исследованной и апробированной многолетней практикой расчетов системы уравнений [2]:

$$(L_{\Phi i} - M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{Ai}}{\partial t} + r_{\Phi i} i_{Ai} + (L_{3i} + 3M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{0i}}{\partial t} + r_{3i} 3i_{0i} = -\frac{\partial u_{Ai}}{\partial \ell_i}; \quad (1)$$

$$(L_{\Phi i} - M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{Bi}}{\partial t} + r_{\Phi i} i_{Bi} + (L_{3i} + 3M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{0i}}{\partial t} + r_{3i} 3i_{0i} = -\frac{\partial u_{Bi}}{\partial \ell_i}; \quad (2)$$

$$(L_{\Phi i} - M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{Ci}}{\partial t} + r_{\Phi i} i_{Ci} + (L_{3i} + 3M_{M\Phi i}) \frac{\partial i_{0i}}{\partial t} + r_{3i} 3i_{0i} = -\frac{\partial u_{Ci}}{\partial \ell_i}; \quad (3)$$

$$C_{\Phi i} \frac{\partial u_{Ai}}{\partial t} + 3C_{M\Phi i} \frac{\partial (u_{Ai} - u_{0i})}{\partial t} = -\frac{\partial i_{Ai}}{\partial \ell_i}; \quad (4)$$

$$C_{\Phi i} \frac{\partial u_{Bi}}{\partial t} + 3C_{M\Phi i} \frac{\partial (u_{Bi} - u_{0i})}{\partial t} = -\frac{\partial i_{Bi}}{\partial \ell_i}; \quad (5)$$

$$C_{\Phi i} \frac{\partial u_{Ci}}{\partial t} + 3C_{M\Phi i} \frac{\partial (u_{Ci} - u_{0i})}{\partial t} = -\frac{\partial i_{Ci}}{\partial \ell_i}. \quad (6)$$

где для некоторой i -ой ЛЭП или ее участка:

$L_{\Phi i}$ – индуктивность контура: фаза линии-обратный эквивалентный провод (земля), обусловленная только магнитным потоком в воздухе, при пренебрежении, ввиду малости, составляющей индуктивности, определяемой магнитным потоком в самом проводе фазы, и в предположении бесконечно большой проводимости земли;

L_{3i} – дополнительная индуктивность контура: фаза-земля, обусловленная только магнитным потоком в земле;

$M_{M\Phi i}$ – взаимоиндуктивность между любыми двумя из трех контуров: фаза-земля;

$r_{\Phi i}$ – активное сопротивление провода фазы линии;

r_{3i} – активное сопротивление обратного эквивалентного провода (земли);

$C_{\Phi i}$ – емкость провода фазы относительно земли;

$C_{M\Phi i}$ – емкость между любыми двумя проводами фаз линии;

i_{Ai}, i_{Bi}, i_{Ci} – мгновенные значения фазных токов;

u_{Ai}, u_{Bi}, u_{Ci} – мгновенные значения фазных напряжений;

i_{0i} – мгновенное значение тока нулевой последовательности

$$i_{0i} = \frac{i_{Ai} + i_{Bi} + i_{Ci}}{3};$$

u_{0i} – мгновенное значение напряжения нулевой последовательности

$$u_{0i} = \frac{u_{Ai} + u_{Bi} + u_{Ci}}{3};$$

ℓ_i – длина i -ой ЛЭП или ее участка.

Однако, непосредственно приведенная система уравнений (1)-(6) практически не применяется, а служит, главным образом, математической основой для формирования различного рода модифицированных систем уравнений, представляющих собой более пригодные и удобные в использовании математические модели ЛЭП. В частности, замена правых частей уравнений системы (1)-(6) конечными приращениями напряжений и токов по длине ЛЭП приводит к ее модели в виде конечного числа трехфазных П-образных схем замещения, количество которых определяется длиной ЛЭП и требуемым уровнем адекватности воспроизводимых процессов. Так как при таком методе решения системы уравнений (1)-(6) каждый из участков линии отображается аналогичной системой уравнений с модифицированными правыми частями в форме разностей соответствующих напряжений и токов, то в целом математическая модель длинной линии оказывается весьма громоздкой. Поэтому подобный спо-

соб моделирования оправдан для сравнительно коротких ЛЭП. Приемлемая для практики точность воспроизведения переходных процессов указанным способом обеспечивается при длине участка или линии в целом $l_i < 250$ км. Более строгое моделирование процессов в ЭЭС, в частности связанных с коммутационными перенапряжениями, предполагает дальнейшее уменьшение этого параметра до значений $l_i < 50$ км.

Рассмотренные аспекты математического моделирования ЛЭП определяют и характеризуют два возможных варианта решения этой задачи. В соответствии с одним из них основу математической модели составляет система уравнений (1)-(6), записанная для конечных приращений напряжений и токов в правой части уравнений, которая в этом случае отображает процессы в линии или участке с сосредоточенными параметрами в виде П-образной схемы замещения. При этом, качество моделирования процессов, определяемое спектром воспроизводимых гармоник [3], зависит, как уже отмечалось, от длины линии и связанного с ней количества участков. Поскольку такая информация априори доступна лишь применительно к конкретной ЭЭС, то очевидно, что и данный вариант, без всегда нежелательной избыточности, приемлем именно для таких условий.

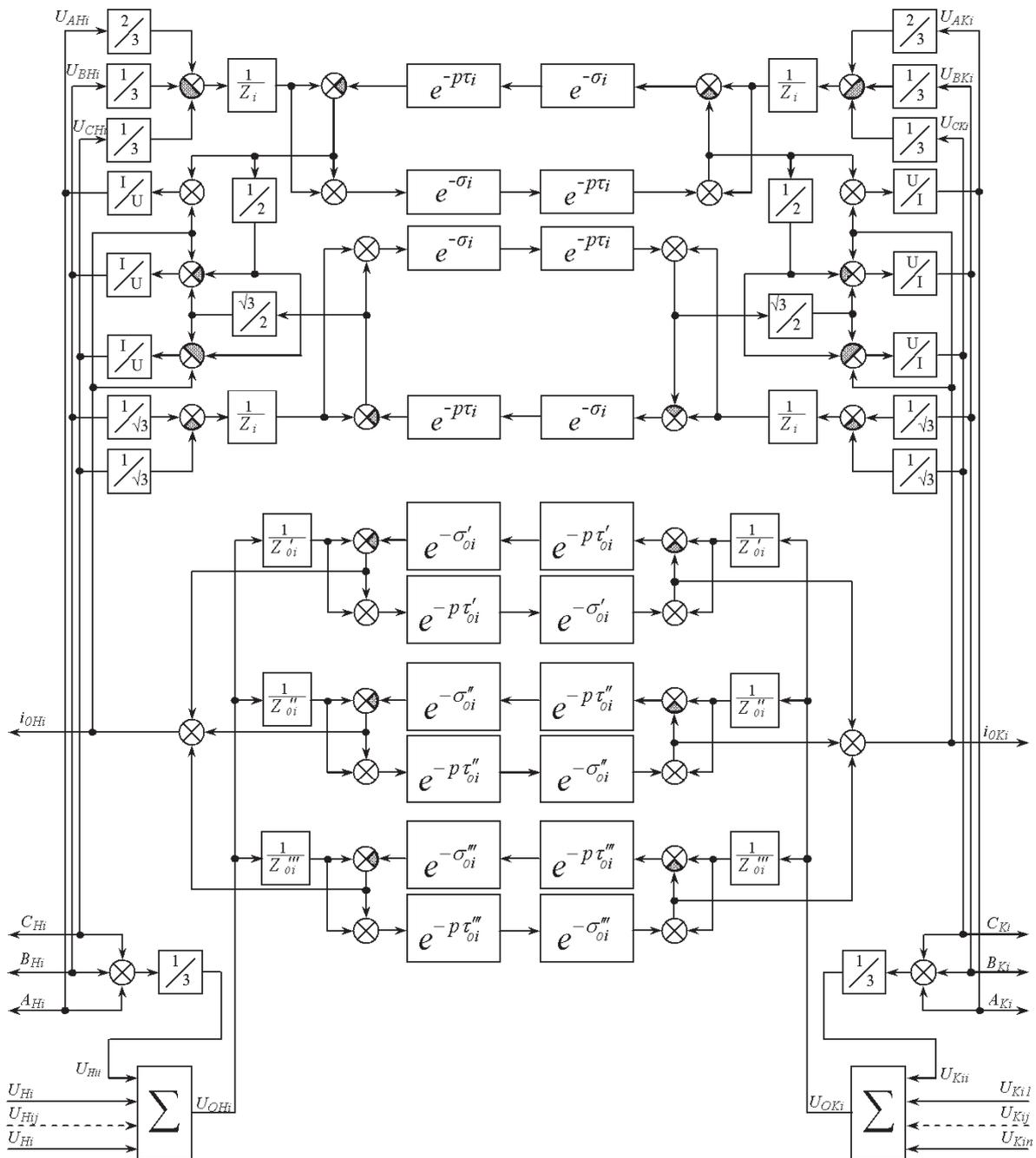


Рисунок 2 – Функциональная операторная схема

Полученная система уравнений (1)-(6) с учетом разрешенности уравнений относительно токов начала и конца, образует универсальную всережимную математическую модель многоцепной ЛЭП и позволяет синтезировать на ее основе изображенную на рисунке 2 функциональную операторную схему.

Данный подход был реализован и апробирован во ВМК РВ ЭЭС Тюменской энергосистемы [4]. Результаты показали высокую адекватность созданной гибридной модели и позволили, в том числе внести определенность в проблему формирования узла энергосистемы в которой естественным способом решается проблема токораспределения (с использованием преобразователей напряжение-ток), принципиально неразрешимая для цифровых моделей ЭЭС использующих численные методы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гусев, А.С. Концепция и средства всережимного моделирования в реальном времени электроэнергетических систем / А.С. Гусев // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. -2008. -№9/10. -С. 162-168.
- 2 Караев, Р.И. Переходные процессы в линиях большой протяженности / Р.И. Караев. -М.: Энергия, 1978. -191 с.
- 3 Применение аналоговых вычислительных машин в энергетических системах. Методы исследования переходных процессов / И.А. Груздев [и др.]; под.ред. Н.И. Соколова. -Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: Энергия, 1970. -400 с.
- 4 Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем / А.С. Гусев, Ю.В. Хрущев, С.В. Гурин, С.В. Свечкарёв, И.Л. Плодистый // Электричество. -2009. -№12. -С. 5-8.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *всережимное моделирование, электроэнергетические системы, гибридная модель линии электропередачи*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Боровиков Юрий Сергеевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
Гусев Александр Сергеевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
Сулайманов Алмаз Омурзакович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»*

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

В.М. Кузьмин, А.В. Сериков, Т.В. Герасименко

SINGULARITY OF CONTROLLING THE ELECTRICAL HEATING SYSTEMS ON THE BASIS OF TRANSFORMER TYPE HEATING ELEMENTS

**«Komsomolsk-on-Amur state technical university»
V.M. Kuzmin, A.V. Serikov, T.V. Gerasimenko**

The tasks for controlling system of the transformer type heating elements are stated. The requirements for control unit are given. The dual positional regulation for controlling the power is more rational to use.

Keywords: controlling system, transformer type heating element, dual positional power regulation

Сформулированы задачи для системы управления нагревательными элементами трансформаторного типа. Приведены требования к устройству управления. Для управления мощностью целесообразно использовать двухпозиционное регулирование.

В настоящее время широко распространены системы электроотопления, которые имеют ряд преимуществ перед традиционными способами получения тепловой энергии (на базе твердого, жидкого и газообразного топлива). К этим преимуществам относятся: удобство и безопасность при эксплуатации, комфорт, надёжность, отсутствие необходимости заготовки и хранения топлива. Электроотопительные системы не загрязняют окружающую среду, позволяют легко организовать автоматическое индивидуальное терморегулирование, которое при правильной организации приводит к значительной экономии энергоресурсов.

В качестве преобразователя электрической энергии в тепловую целесообразно использовать нагревательные элементы трансформаторного типа (НЭТ), выполненные на базе однофазных или трёхфазных трансформаторов с короткозамкнутой вторичной обмоткой [1].

В настоящее время подавляющее большинство электронагревательных приборов оснащаются устройствами регулирования мощности или температуры. Особенно важно эффективное управление электронагревателями в составе децентрализованных систем энергообеспечения.

На систему управления устройством питания НЭТ возлагаются следующие задачи:

– формирование управляющего сигнала заданной формы для электронных ключей пре-

образователя напряжения;

- защита потребителя от поражения электрическим током;
- отключение при ненормальных режимах работы (для водонагревателей – отключение при «сухом ходе»);
- обеспечение плавного пуска;
- поддержание интенсивности нагрева или температуры нагреваемого объекта на уровне, заданном пользователем;
- индикация заданного и достигнутого уровня температуры.

К схемам управления, кроме того, предъявляются такие традиционные требования, как технологичность и возможность ремонта, низкая себестоимость, минимальная масса и габариты, экономичность, безопасность, надёжность и т.д.

Устройство управления должно осуществлять отключение электронагревателя и запрет на повторное включение в следующих случаях:

- при выходе из строя (замыкание или пробой с последующим обрывом) любого из элементов преобразователя напряжения;
- при отсутствии объекта нагрева (для нагревателей жидких сред – сухой ход);
- при пробое межвитковой изоляции;
- при пробое изоляции между первичной и вторичной обмотками;
- при появлении токов утечки через вторичный контур.

Необходимость обеспечения плавного пуска НЭТ обусловлена характерным для трансформатора переходным процессом при подключении его к сети. Возникающие при этом ударные токи и перенапряжения отрицательно сказываются на состоянии изоляции, оказывают влияние на питающую сеть и должны быть, по возможности, снижены.

Это может быть достигнуто следующими способами:

- включением в строго определённый момент времени;
- осуществлением плавного пуска, то есть частота, скважность или величина напряжения во время включения плавно доводятся до рабочего значения.

Плавный пуск позволяет ограничить скорость нарастания температуры изоляции, электромагнитной силы в трансформаторе и уменьшает искажение кривой потребляемого тока и питающего напряжения. За счёт этого может быть увеличен срок службы изоляции и НЭТ в целом.

Задача регулирования нагрева является одной из наиболее важных задач и решается путем формирования управляющего сигнала. Применяются как замкнутые системы регулирования, так и разомкнутые. Первые для потребителя предпочтительней в силу постоянства температуры нагреваемой среды и возможности задания температуры непосредственно, но дороже, поскольку требует применения датчиков температуры, усложняется процесс настройки и калибровки.

Возможная структурная схема управления электронагревателем трансформаторного типа показана на рисунке 1. Коммутирующее устройство при питании НЭТ напряжением промышленной частоты служит для включения или отключения нагревателя. При питании НЭТ напряжением повышенной частоты коммутирующее устройство представляет собой силовую часть преобразователя частоты. Устройство управления на схеме (рисунок 1) выделено пунктирной линией. Блок усилителей 1 предназначен для усиления сигналов управления вентилями преобразователя и коммутатора. Блок усилителей 2 – для усиления напряжений, снимаемых с датчиков тока, температуры и т.п. Блок, обозначенный как интерфейс, включает в себя как органы управления НЭТ, так и средства отображения информации. Формирователь управляющих импульсов – устройство, непрерывно вырабатывающее последовательность импульсов определённой формы, частоты и скважности. Он должен иметь количество каналов, равное числу ключей в схеме преобразователя, либо числу пар этих ключей, в зависимости от схемы преобразователя. Логическое устройство – часть схемы управления, осуществляющая обработку сигналов, снимаемых с датчиков, и выдающая соответствующие сигналы, управляющие коммутатором. В простейшем случае такое устройство выполняется на логических микросхемах. При необходимости контроля температуры во многих точках или при двухтарифной системе оплаты электроэнергии возможно использование для этих целей микроЭВМ.

Для управления мощностью НЭТ на промышленной частоте наиболее целесообразно использование двухпозиционного регулирования. Для реализации этого способа регулирования применяют коммутатор, включённый в цепь первичной обмотки. В качестве такого

коммутатора может быть использован симметричный тиристор (симистор), пара тиристоров, включенных встречно-параллельно.

К устройствам питания НЭТ предъявляется ряд требований. Кроме высоких значений КПД и коэффициента мощности регулятор должен обеспечивать форму тока, максимально приближенную к синусоиде. Такому требованию отвечает двухпозиционное регулирование. Однако, при работе двухпозиционного регулятора в токе первичной обмотки, могут присутствовать постоянная, субгармоническая и апериодическая составляющие. Поэтому существует необходимость исследования процессов, происходящих при двухпозиционном регулировании мощности НЭТ.

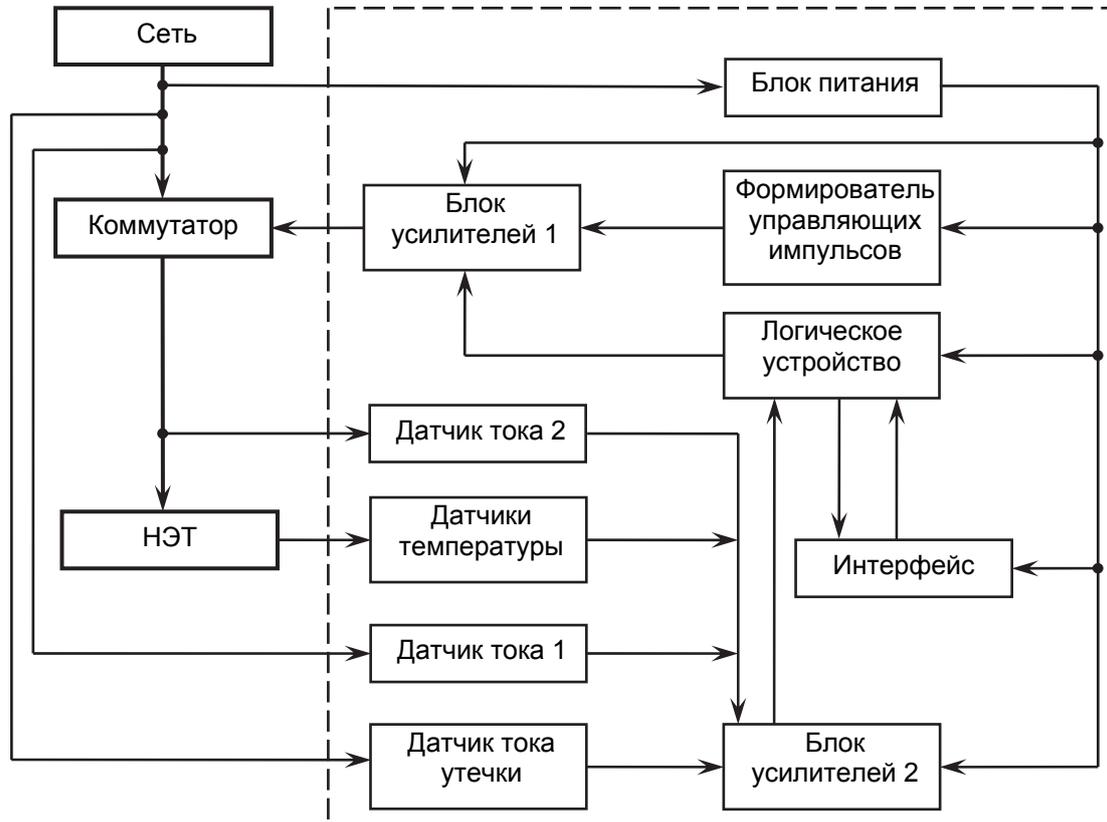


Рисунок 1 – Структурная схема управления НЭТ

Известно, что при двухпозиционном регулировании мощности на переменном токе из синусоиды питающего напряжения используются участки, содержащие целое число полупериодов её изменения (рисунок 2). Таким образом, за один период регулирования T_p на нагрузку подаётся целое число полупериодов сетевого напряжения $T_c/2$. В том случае, если это число полупериодов постоянно оказывается нечётным, и каждый раз включение и отключение нагрузки будет приходиться на полуволну напряжения с одним и тем же знаком, в токе нагрузки, и, соответственно, в токе сети, появится постоянная составляющая (рисунок 2а). Также возможен вариант, когда при нечётном количестве полупериодов напряжения за один период регулирования, подаваемого на нагрузку, преобладание полуволн одного знака над полуволнами другого знака будет изменяться. При этом возникнет переменная низкочастотная составляющая. В том случае, когда количество положительных и количество отрицательных полуволн за период регулирования равны, но знак первой полуволны в пачке не всегда один и тот же, в токе, протекающем через регулятор, также будет присутствовать субгармоническая составляющая. Для примера, рассмотрим случай, когда в каждый нечётный период регулирования первая полуволна пачки положительна, а в каждый чётный – отрицательна (рисунок 2б). При таком порядке работы в токе нагрузки появится субгармоническая составляющая синусоидальной формы с периодом, равным периоду регулирования.

Для борьбы с этими явлениями необходимо, чтобы напряжение на НЭТ подавалось в момент ожидаемого перехода тока через ноль, начало импульса всегда соответствовало одному знаку сетевого напряжения, а количество полупериодов в импульсе было бы чётным

(рисунок 2в). На рисунке 3 показана функциональная схема, отвечающая этим требованиям, и временные диаграммы её работы.

Настройка фазосдвигающего устройства должна производиться для каждого НЭТ индивидуально. Управление мощностью НЭТ осуществляется за счёт изменения скважности импульсов, вырабатываемых генератором субгерцового диапазона.

Использование электронных терморегуляторов и регуляторов мощности приводит к достаточно частому повторно-кратковременному включению. Возникают переходные процессы, сопровождающимися достаточно

существенными бросками тока, имеющими несинусоидальный характер. Это приводит к появлению высших гармонических составляющих в кривой питающего напряжения, что может сказаться на стабильной работе других потребителей. Поэтому, для предотвращения перегрева первичной обмотки, выхода из строя силовых элементов электронных регуляторов, увеличения срока службы изоляции, уменьшения влияния переходных процессов, протекающих в НЭТ на сеть и других потребителей, а также ложного срабатывания элементов защиты питающих сетей необходимо ограничивать броски тока при включении.

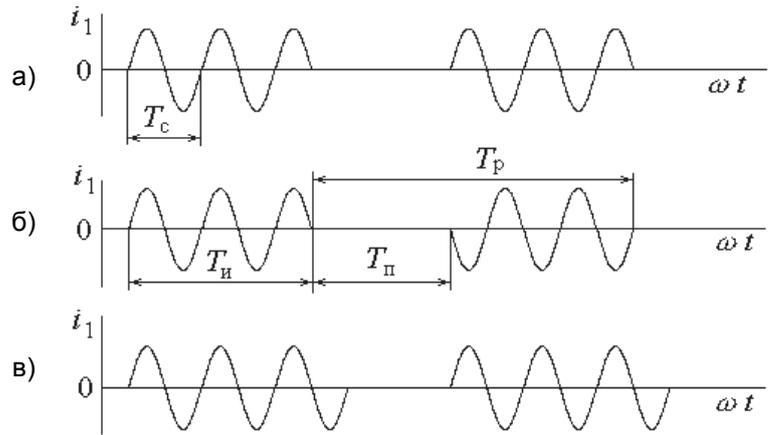


Рисунок 2 – Двухпозиционное регулирование

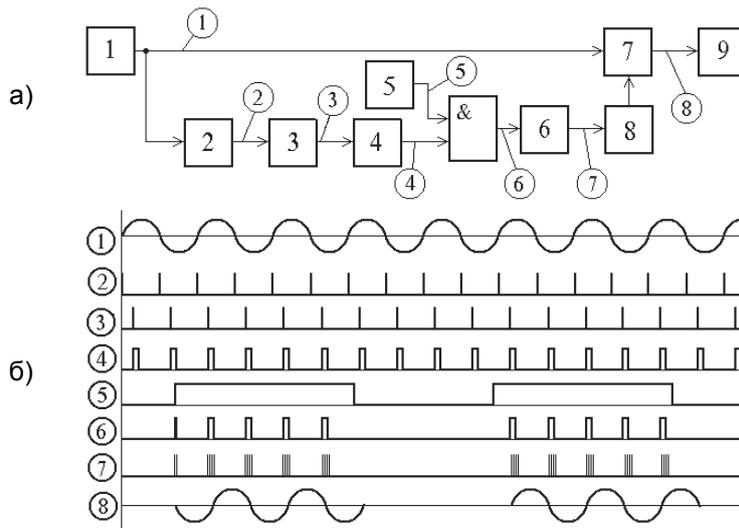


Рисунок 3 – Функциональная схема (а) и диаграммы работы (б) двухпозиционного регулятора мощности: 1-сеть; 2-датчик нуля напряжения; 3-фазосдвигающее устройство; 4-ждуций мультивибратор; 5-управляемый генератор субгерцового диапазона; 6-генератор высокой частоты; 7-коммутирующий элемент; 8-усилительно-согласующее устройство; 9-НЭТ

Таким образом, для управления системами электроотопления на основе нагревательных элементов трансформаторного типа целесообразно применять устройства регулирования мощности или температуры, позволяющие обеспечить плавный пуск НЭТ. Для управления мощностью НЭТ целесообразно использовать двухпозиционное регулирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сериков, А.В. Электронагревательные элементы и устройства трансформаторного типа для систем теплоснабжения: монография / А.В. Сериков, В.М. Кузьмин. -Владивосток: Дальнаука, 2012. -247 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система управления, нагревательный элемент трансформаторного типа, двухпозиционное регулирование мощности
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кузьмин Вячеслав Матвеевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «КНАТУ»
 Сериков Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «КНАТУ»
 Герасименко Татьяна Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «КНАТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВПО «КНАТУ»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ – КОМПОНЕНТ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.М. Левин, Д.В. Танфильева

INTELLECTUAL DIAGNOSTICS OF THE EQUIPMENT IS A COMPONENT OF AN ACTIVE-ADAPTIVE ELECTRICAL NETWORK
«Novosibirsk state technical university»
V.M. Levin, D.V. Tanfilieva

Application of neural networks for construction of adaptive models and algorithms of an expert condition estimation of an oil transformers according to control of the dissolved gases is considered. It's offered to use the developed models as a part of the software of systems of diagnostic monitoring in active-adaptive electrical networks.

Keywords: active-adaptive electrical network, oil transformer, adaptive models and algorithms, condition estimation, intellectual diagnostics, neural networks

Рассмотрено применение нейронных сетей для построения адаптивных моделей и алгоритмов экспертной оценки состояния силовых трансформаторов по данным контроля растворенных газов. Предложено использовать разработанные модели в составе программного обеспечения систем диагностического мониторинга в активно-адаптивных электрических сетях.

Важнейшим направлением модернизации и инновационного развития электроэнергетики является реализация концепции Smart Grid с созданием активно-адаптивных электрических сетей (ААС). Функционально ААС предназначены для осуществления в автоматическом режиме онлайн-мониторинга, самодиагностики и управления, направленных на повышение надежности и экономичности электроснабжения потребителей. ААС требует разработки и внедрения целого комплекса инновационного оборудования и технологий, интегрированных в единую информационную среду на базе цифрового стандарта данных. К таким технологиям принадлежит и интеллектуальная диагностика оборудования, использующая адаптивные модели и алгоритмы преобразования и интерпретации результатов измерений (в том числе в режиме онлайн-мониторинга).

В работе представлены результаты исследований авторов в указанном направлении. Работа не затрагивает информационный и аппаратный аспекты задачи, а сосредоточена главным образом на возможностях построения адаптивных моделей и алгоритмов для распознавания состояний силовых маслонаполненных трансформаторов (СМТ) с применением аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС).

Разработка моделей классификации входных наблюдений на основе нейронных сетей сопряжена с выбором архитектуры сети, количества слоев и входов, определением вида функции активации, пр. Следует отметить, что в настоящее время не существует объективных критериев для сравнительного анализа различных по сложности ИНС применительно к решению конкретной задачи. В ряде случаев сравнительный выбор модели может быть осуществлен, например, по скорости обучения (количеству итераций), либо по величине ошибки классификации входных наблюдений.

Одним из индикаторов наличия развивающихся дефектов СМТ в соответствии с [2] является величина концентрации (A_i , $i = 1, 7$) растворенных в масле газов (H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , CO_2 , CO). В системе диагностического мониторинга измеренные концентрации газов служат входами решающего правила. Формирование оценки об отсутствии или наличии развивающегося дефекта СМТ осуществляется с помощью признака $G(A)$ и его граничного значения G_{ep} , определяемого статистически

$$G(A) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{\sum_{i=1}^n a_i}, \quad (n = 7),$$

где a_i – относительная концентрация i -го газа в газовой смеси, выделенной из пробы масла

$$a_i = \frac{A_i}{A_{эpi}}$$

Отнесение СМТ к классу нормально работающих (бездефектных) состояний производится по соотношению $G(A) < G_{эp}$. Для повышения достоверности оценки в [3] предусмотрено уточнение значения $G_{эp}$ в зависимости от номинальной мощности $S_{ном}$, текущей загрузки $K_{загр}$ и срока службы $T_{сл}$ трансформатора. В случае $G(A) \geq G_{эp}$ дополнительно требуется определение вида дефекта, то есть отнесение текущего состояния к одному из возможных классов: C_1 - «разряд», C_2 - «перегрев», C_3 - «разряд и перегрев».

Простейшей моделью ИНС, используемой для оценки состояния СМТ по концентрациям растворенных в масле газов, является однослойный перцептрон Мак Каллока-Питца [4]. К недостаткам модели однослойного перцептрона относится ее линейный характер и дихотомия распознаваемых классов. Указанные недостатки затрудняют ее применение в задачах классификации с количеством возможных классов более двух.

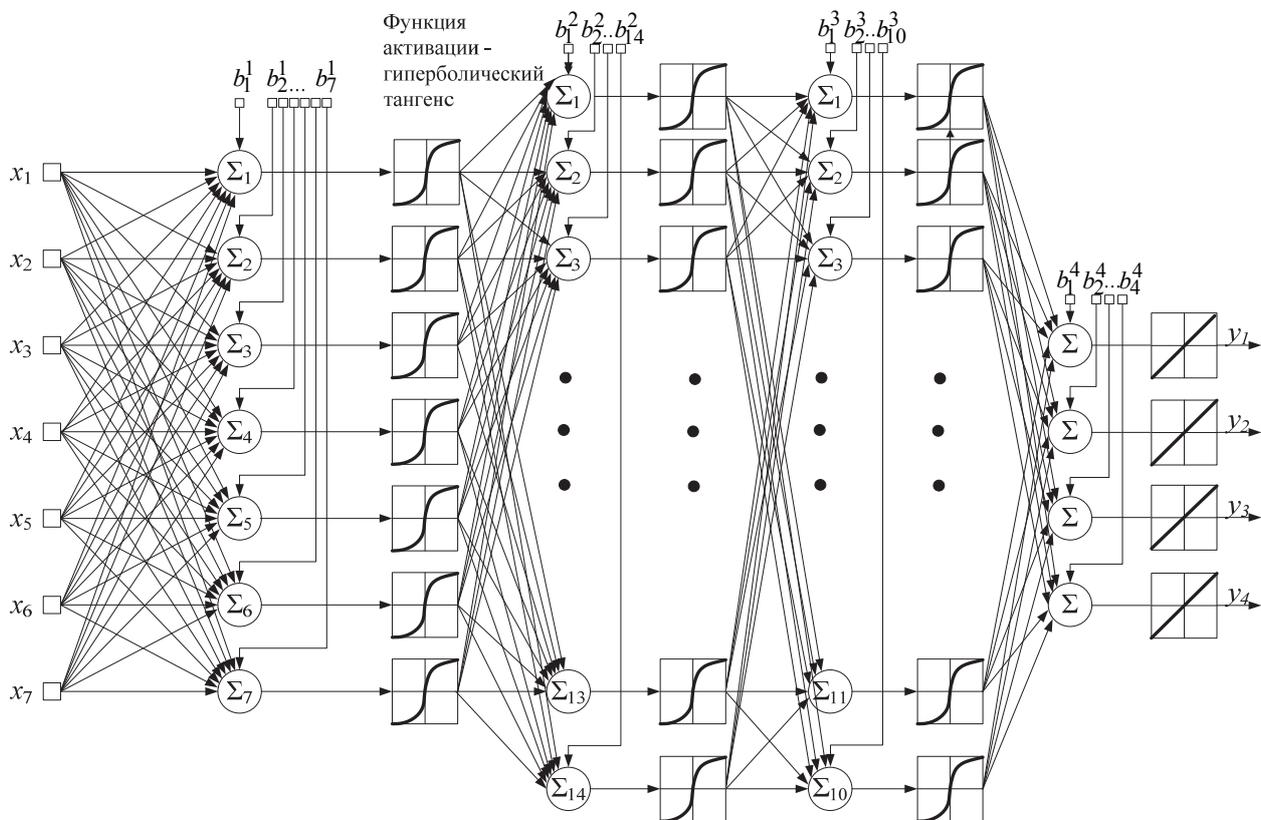


Рисунок 1 – Модель многослойной ИНС (конфигурация 7-14-10-4)

Многослойные нейронные сети позволяют расширить возможности экспертной оценки состояния СМТ за счет учета нелинейных зависимостей между входными и выходными параметрами модели. Выбор оптимальной архитектуры многослойной сети связан с подбором количества входов и выходов, количества нейронов и скрытых слоев, вида нелинейной функции активации, определения объема обучающей выборки. При условии преодоления указанных сложностей удастся построить вполне эффективную многослойную нейронную сеть, обеспечивающую минимум среднеквадратичной ошибки распознавания. С помощью многослойного перцептрона появляется возможность решения комплексной задачи по одновременному распознаванию наличия развивающегося дефекта в СМТ и уточнению его вида по результатам хроматографического анализа растворенных газов (ХАРГ).

В отличие от байесовского классификатора нейронная сеть представляет собой непараметрическую модель распознавания. Данное свойство расширяет область эффективного применения модели ИНС для построения решающих правил, так как допускает работу со случайными входными сигналами, имеющими несимметричные и (или) не подчиненные нормальному закону распределения. Кроме этого имеется возможность учета неограниченного количества входных наблюдений (измеряемых параметров), что особенно важно с точки

зрения оценки состояния СМТ в режиме диагностического мониторинга.

В исследованиях участвовала исходная информация из 1340 протоколов ХАРГ 98-ми СМТ 110 кВ ЗАО «РЭС». Проведенные исследования и вычислительные эксперименты с многослойными ИНС прямого распространения позволили сформировать оптимальную конфигурацию нейронной сети (рисунок 1) для решения указанной комплексной задачи распознавания. Обучение модели выполнялось на выборке из 393 протоколов ХАРГ, в состав которых входили 100 протоколов с отсутствием дефектов и 293 протокола с явными признаками развивающихся дефектов различных видов. Кодирование сигналов выходного слоя полученной модели производилось по критериям [2] и представлено в таблице. Достоверность полученной многослойной сети проверялась на тестовой выборке, содержащей 455 протоколов ХАРГ исследуемой группы СМТ. Максимальная ошибка распознавания вида развивающегося дефекта составляет 5,05%, что позволяет констатировать достаточно высокое качество модели ИНС.

Таблица – Коды сигналов выходного слоя сети 7-14-10-4

Возможные комбинации	Выходной нейрон 1	Выходной нейрон 2	Выходной нейрон 3	Выходной нейрон 4
Норма	-1	-1	-1	-1
Наличие дефекта	1	-1	-1	-1
Дефект вида «разряд»	1	1	-1	-1
Дефект вида «перегрев»	1	-1	1	-1
Дефект вида «разряд и перегрев»	1	-1	-1	1

Модель (см. рисунок 1) реализована в виде алгоритма (рисунок 2), позволяющего в полной мере использовать ее адаптационные возможности. Алгоритм предназначен для работы в автоматизированных системах диагностического мониторинга СМТ, устанавливаемых на подстанциях ААС и интегрированных в единую систему управления технологическим процессом.

Структура алгоритма содержит две взаимосвязанные ветви. Левая ветвь (на рисунке затенена) формирует нейронную сеть на начальном этапе и настраивает ее на индивидуальные особенности контролируемого объекта. Функционирование правой ветви алгоритма связано с оценкой состояния СМТ, контролем погрешности и запуском процедуры переобучения и пересчета параметров модели ИНС. Представленный алгоритм пригоден для диагностирования не только СМТ с длительным периодом эксплуатации, но и вновь вводимых в работу СМТ, не имеющих собственной истории измерений. Такая возможность обусловлена тем, что для старта процедуры

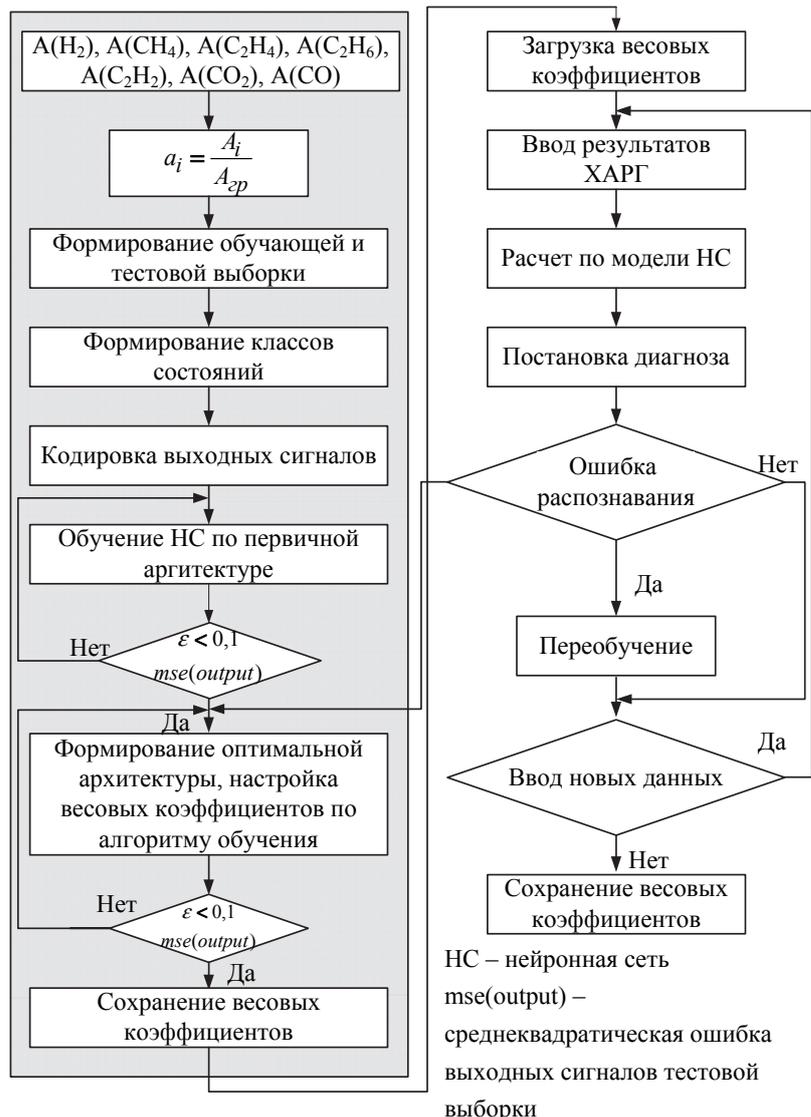


Рисунок 2 – Алгоритм работы ИНС

обучения ИНС вполне достаточно небольшой выборки данных (объемом не более 100 измерений), содержащих не обязательно одинаковое количество измерений в разных классах состояний СМТ. Стартовая выборка данных может быть сформирована, например, на основе ретроспективы диагностических измерений на однотипном оборудовании, эксплуатируемом в тех же условиях.

Таким образом, в работе продемонстрирована принципиальная возможность построения эффективных моделей и алгоритмов для оценки состояния оборудования в режиме диагностического мониторинга, реализующих вычислительные преимущества аппарата ИНС и претендующих составить основу разработки подсистемы интеллектуальной диагностики в активно-адаптивной электрической сети.

Выводы:

1 Формирование интеллектуальной диагностики, как компонента активно-адаптивной электрической сети должно базироваться на использовании математического аппарата, вычислительные возможности которого обеспечивают максимальную достоверность получаемых оценок с учетом изменяющихся условий эксплуатации (состав оборудования, режим нагрузки, пр.).

2 Построением адаптивных моделей на основе аппарата ИНС и их алгоритмической реализацией применительно к оценке состояния СМТ по результатам газовой хроматографии достигнуто как высокое качество распознавания, так и возможность быстрого переобучения системы при накоплении новой информации в процессе эксплуатации оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов: пер. с англ. / К. Фукунага. -М.: Наука, 1979. - 368 с.

2 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле: РД 153-34.0-46.302-00. -М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. -48 с.

3 Левин, В.М. Распознавание дефектных трансформаторов с учетом влияния эксплуатационных факторов / В.М. Левин, О.В. Емельянов // Изв. высш. учеб. заведений. Технические науки. -Новочеркасск, 2006. -№15. -Прил.: С. 26-28.

4 Левин, В.М. Автоматизация мониторинга силовых трансформаторов / В.М. Левин, Д.В. Кузьмина // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2009. -№1. -С. 173-176.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *активно-адаптивная электрическая сеть, силовой трансформатор, адаптивные модели и алгоритмы, оценка состояния, интеллектуальная диагностика, нейронные сети*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Левин Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Танфильева Дарья Васильевна, инженер ФГБОУ ВПО «НГТУ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ОЦЕНКА РИСКА ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.М. Левин

FAILURE RISK ASSESSMENT OF THE OIL FIELD ELECTRICAL NETWORKS EQUIPMENT
«Novosibirsk state technical university»
V.M. Levin

Design methodology of a probability behavior of electric network cells failure and maintenance control parameters decision for improvement of an oil field operational reliability is developed.

Keywords: electric network, failure, maintenance control, operational reliability

Разработана методика расчета вероятностных характеристик отказов элементов электрической сети, и выбора параметров управления техническим обслуживанием для улучшения надежности функционирования технологии нефтепромыслов.

Внезапные отключения находящихся в эксплуатации линий электропередачи и оборудования подстанций имеют случайную природу и зависят от большого количества факторов. В известном смысле внезапные отключения электрооборудования необходимо рассматривать как события, заключающиеся в нарушении работоспособного состояния объекта, то есть как отказы. Согласно ГОСТ 27.002-89 [1] отказы в зависимости от вызвавших их причин подразделяются на: конструкционные, производственные, эксплуатационные и деградаци-

онные. В действующих электроустановках преимущественно проявляются отказы, вызванные нарушениями условий эксплуатации. Нарушения условий эксплуатации могут быть связаны с внешними причинами, такими как грозовые и коммутационные перенапряжения, замыкания на землю, обрывы и схлестывание проводов. Не редко условия эксплуатации нарушает пресловутый человеческий фактор. Особую категорию представляют собой самоустраняющиеся отказы или однократные отказы, устраняемые незначительным вмешательством оператора (или автоматики). В соответствии с [1] их классифицируют как сбои. Так, например, внезапное отключение ВЛ с последующим успешным АПВ следует рассматривать как сбой в работе.

Отказы оборудования, как правило, сопряжены с риском нарушения электроснабжения потребителей и связанным с ними недовыпуском продукции. Риск отказов количественно характеризуется случайной величиной ущерба, зависящей от вероятности отказа и вызванного им недоотпуска электроэнергии

$$Y(t) = y_0 \cdot \overline{\Delta W} \cdot F(t), \quad (1)$$

где y_0 – удельный ущерб, руб./(кВт·ч);

$\overline{\Delta W}$ – математическое ожидание аварийного недоотпуска электроэнергии потребителям, кВт·ч;

$F(t)$ – вероятность отказов (функция ненадежности).

В ряде случаев в системах промышленного электроснабжения ущерб принято связывать не с величиной аварийного недоотпуска электроэнергии, а с пропорциональной ему величиной недовыпущенной продукции. Так в системах электроснабжения нефтепромыслов статистически ожидаемая величина ущерба на интервале времени ΔT (лет) будет определяться вероятностной величиной измеряемых в тоннах потерь добычи нефти $\Delta \Pi(t)$. В этом случае формула (1)

приобретает вид

$$Y(\Delta T) = \zeta_0 \int_0^{\Delta T} \Delta \Pi(t) dt, \quad (2)$$

где ζ_0 – удельная стоимость потерь нефти, руб./т.

Оценка и прогнозирование ущерба от потерь добычи нефти (2) требует разработки методики, позволяющей, с одной стороны, определять и учитывать вероятностные характеристики случайного потока отказов элементов электрической сети, а с другой, обеспечивать выбор параметров управления техническим обслуживанием оборудования для повышения надежности функционирования технологии нефтепромыслов.

В статье представлена разработка такой методики на примере отключения ВЛ 6 кВ. Для этого использованы данные из реестра отключений оборудования одного из предприятий электрических сетей, осуществляющих электроснабжение потребителей нефтепромыслов на территории ЯНАО за период с 2000 по 2009 годы. Схема электрических сетей обеспечивает питание электромеханического оборудования скважин (в основном это электродвигатели насосов) от кустовых подстанций 35/6 кВ к КТП-6/0,4 по ВЛ 6 кВ. Исследованию подлежат случайные потоки событий: поток внезапных отключений ВЛ 6 кВ для определения средней наработки на отказ (\bar{T}_0) и средней наработки между отказами (\bar{T}_{MO}), поток аварийных восстановлений ВЛ 6 кВ для определения средней продолжительности восстановления (\bar{T}_B), поток аварийных потерь нефти для определения средней величины потерь и вероятности потерь ($\overline{\Delta \Pi}$, $F(\Delta \Pi)$). Для рассматриваемых дискретных случайных величин были исследованы законы распределения вероятностей и получены оценки параметров распределений (таблица 1).

Таблица 1 – Статистические оценки параметров распределений

Математические ожидания			Среднеквадратические отклонения		
\bar{T}_{MO} , ч	\bar{T}_B , ч	$\overline{\Delta \Pi}$, т	σ_{MO} , ч	σ_B , ч	$\sigma_{\Delta \Pi}$, т
180,1	2,4	8,0	159,0	2,1	7,1

Проверка статистических гипотез по критерию χ^2 Пирсона показала, что распределения вероятностей случайных величин подчинены показательному закону. Вероятность потерь

добычи нефти при аварийном отключении ВЛ 6 кВ будет определяться по выражению

$$F(\Delta T) = \exp(-\lambda_{\Delta T} \cdot \Delta T),$$

где $\lambda_{\Delta T}$ – интенсивность потерь, τ^{-1}

$$\lambda_{\Delta T} = 1/\Delta T.$$

Рассмотрим случайный процесс эксплуатации оборудования электрических сетей на интервале времени ΔT . Количество аварийных отключений ВЛ на интервале ΔT с учетом функции ненадежности определяется следующим образом

$$m = \frac{\Delta T \cdot F(\Delta T)}{\bar{T}_{MO} + \bar{T}_B}.$$

Случайная величина потерь добычи нефти в результате аварийных отключений ВЛ на интервале ΔT находится как

$$\Delta T(\Delta T) = m \cdot \Delta \bar{T} \cdot F(\Delta T) = \frac{\Delta T \cdot F(\Delta T)}{\bar{T}_{MO} + \bar{T}_B} \Delta \bar{T} \cdot F(\Delta T),$$

где $\Delta \bar{T}$ – математическое ожидание потерь добычи нефти при аварийном отключении ВЛ 6 кВ.

Тогда вероятностная оценка ущерба от аварийных потерь добычи нефти по причине отказов ВЛ 6 кВ и нарушений электроснабжения потребителей нефтепромыслов может быть получена как

$$Y(\Delta T) = \zeta_0 \int_0^{\Delta T} \left[\frac{F(t)}{\bar{T}_{MO} + \bar{T}_B} \Delta \bar{T} \cdot F(\Delta T) \right] dt. \quad (3)$$

Особенностью стратегии предупредительного обслуживания ВЛ является проведение периодических профилактик с целью поддержания требуемого уровня надежности. При внезапном отключении ВЛ переводится в состояние аварийного ремонта для восстановления работоспособности. По завершении профилактики или аварийного восстановления ВЛ переводится в работоспособное состояние. Очевидно, что периодичность профилактик оказывает определяющее влияние на эксплуатационные характеристики и уровень надежности ВЛ, оцениваемый величиной ущерба. Таким образом, оптимизация указанной стратегии ТОиР состоит в выборе периодичности профилактик T , соответствующей экстремуму показателя эффективности управления

$$Y(t) \Rightarrow \min.$$

Для описания стратегии ТОиР примем двухуровневую модель состояний ВЛ в виде направленного графа (рисунок 1) [2]. Интенсивности переходов системы из состояния в состояние определяются соответствующими периодичностями: $a_{12} = T^{-1}$; $a_{13} = \lambda_0$ и нормативно заданными продолжительностями профилактического обслуживания и аварийного восстановления: $a_{21} = T_{PO}^{-1}$; $a_{31} = T_{AB}^{-1}$. Для полученного графа состояний процесс задается матрицей переходных вероятностей $\|\rho_{ij}\|$: $\rho_{12} = \frac{T^{-1}}{\lambda_0 + T^{-1}}$; $\rho_{13} = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + T^{-1}}$; $\rho_{21} = \rho_{31} = 1$ (вероятности невозможных переходов равны нулю) и вектором $\|t_i\|$ времени пребывания системы в указанных состояниях

$$t_i = \left\{ \frac{1}{\lambda_0 + T^{-1}}, T_{PO}, T_{AB} \right\}.$$

Стационарные вероятности π_i ($i = \overline{1,3}$) полумарковской цепи находятся согласно системе уравнений: $\pi_2 = \rho_{12} \cdot \pi_1$, $\pi_3 = \rho_{13} \cdot \pi_1$, дополненной условием нормировки $\sum_{i=1}^3 \pi_i = 1$. Основным анализируемым показателем эксплуатационной надежности ВЛ в данном случае является наработка между внезапными отключениями \bar{T}_{MO}

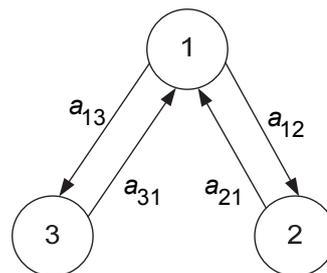


Рисунок 1 – Граф состояний для стратегии предупредительного обслуживания: 1-работоспособное состояние; 2-профилактика; 3-аварийный ремонт

(или частота аварийных ремонтов $\bar{\lambda}_{MO}$).

Наработка между внезапными отключениями ВЛ 6 кВ рассчитывается как среднее время пребывания процесса в области работоспособных состояний и выражается зависимостью

$$\bar{T}_{MO} = \frac{1 + T^{-1} \cdot T_{ПО}}{\lambda_0} \quad (4)$$

При этом искомая наработка представляет собой монотонно изменяющуюся функцию периодичности профилактик (T) и при уменьшении последней возрастает. Среднее значение частоты аварийных ремонтов ВЛ будет определяться следующим образом

$$\bar{\lambda}_{MO} = (\bar{T}_{MO} + T_{AB})^{-1}.$$

Анализ полученных выражений позволяет установить взаимосвязь ущерба от аварийных потерь добычи нефти с периодичностью профилактического обслуживания ВЛ. При подстановке выражения (4) в формулу (3) появляется возможность рассчитать величину аварийного ущерба в зависимости от периодичности профилактик

$$Y(\Delta T) = \zeta_0 \int_0^{\Delta T} \left(\frac{\Delta \bar{P} \cdot F(\Delta T)}{\lambda_0^{-1} (1 + T^{-1} \cdot T_{ПО}) + \bar{T}_B} \right) dt \quad (5)$$

В качестве примера для проверки и иллюстрации разработанной методики рассмотрим реальные данные из статистики наблюдений за процессом эксплуатации ВЛ 6 кВ электрических сетей нефтепромыслов:

$$\Delta T = 1-10 \text{ лет}; \lambda_0 = 0,202 \text{ 1/год}; \Delta \bar{P} = 8 \text{ т}; T_{AB} = \bar{T}_B = 2,4 \text{ ч}; T_{ПО} = 2 \text{ ч}.$$

Расчеты с использованием (4) и (5) показывают, что снижение риска аварийных отключений ВЛ 6 кВ с уменьшением ущерба от потерь добычи нефти достигается повышением частоты профилактик, включающих осмотры и диагностирование. Так, например, сокращение периодичности профилактик до 0,082 года позволит увеличить среднюю наработку между отказами ВЛ практически в 1,5 раза, что обеспечит 1,5 кратное уменьшение ущерба на интервале ΔT (рисунок 2).

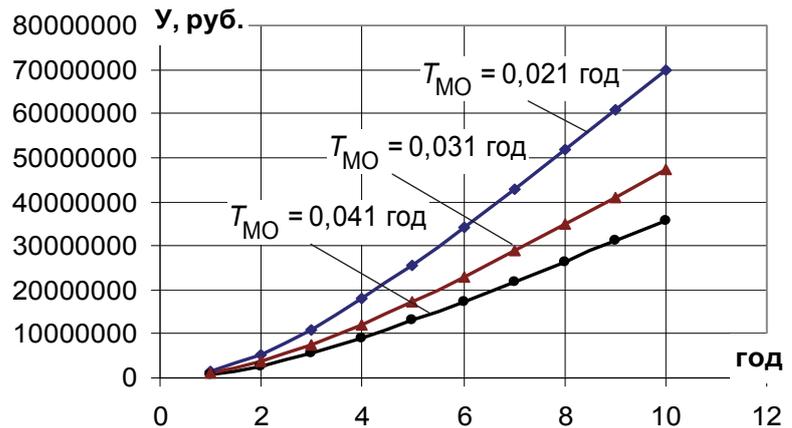


Рисунок 2 – Зависимость ущерба от потерь нефти при изменении наработки между отказами ВЛ 6 кВ

Таким образом, в результате исследования случайного потока аварийных отключений ВЛ 6 кВ нефтепромыслов с использованием данных наблюдений разработана методика оценки и прогнозирования риска от недостаточной эксплуатационной надежности оборудования.

Эффективность разработанной методики применительно к решаемым задачам заключается, во-первых, в возможности учета вероятностных характеристик случайных потоков событий, что повышает достоверность получаемых оценок, а во-вторых, в возможности выбора параметров технического обслуживания электрооборудования для повышения надежности функционирования технологии нефтепромыслов. Методика построена на использовании Марковских моделей обслуживания и методов математической статистики. Ее применение для электрических сетей нефтепромыслов проиллюстрировано на примере случайного потока отказов ВЛ 6 кВ.

Целесообразно отметить, что задача управления риском отказов оборудования в электрических сетях нефтепромыслов включает помимо оценки вероятностных характеристик системы также анализ и ранжирование причин отказов, выбор способов улучшения надежности, расчет затрат на их реализацию [3]. К сожалению, ряд перечисленных подзадач остался за рамками данной статьи. Однако, универсальность предложенного подхода гарантирует их решение в комплексе, что будет продемонстрировано в дальнейшем.

1 ГОСТ 27.001-95. Система стандартов «Надежность в технике». - Взамен ГОСТ 27.001-81; введ. 01-01-1997. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 29 с.

2 Левин, В.М. Моделирование показателей надежности для оценки эффективности эксплуатации оборудования электрических сетей / В.М. Левин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. - 2010. - №2. - С. 29-32.

3 ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-51901.1-2002>. - Загл. с экрана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *электрическая сеть, отказ, управление техническим обслуживанием, функциональная надежность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Левин Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ИНЖЕНЕРНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ШЛАКА В ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧНЫХ АГРЕГАТАХ

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

А.Н. Шпиганович, Е.П. Зацепин, А.Е. Ищенко

AN ENGINEERING APPROACH OF RESISTANCE DETERMINATION OF SLAG IN ARC FURNACE AGGREGATES

«Lipetsk state technical university»

A.N. Shpiganovich, E.P. Zatsepin, A.E. Ischenko

The subject of the article is an engineering approach of active resistance determination of a slag layer, situated in the arc steel-smelting furnace's or «ladle-furnace» aggregate's working space, by reduction of slag layer's actual shape to similar elemental geometrical figure.

Keywords: electric-arc furnace, refining slag, electric arc, approximation model, specific resistance

Рассмотрен инженерный способ определения активного сопротивления слоя шлака, находящегося в рабочем пространстве дуговой сталеплавильной печи или агрегате «печь-ковш», путем приведения фактической формы слоя шлака к подобной геометрической фигуре элементарной формы.

В настоящее время все большее распространение приобретают дуговые сталеплавильные печи (ДСП) и агрегаты «печь-ковш» (АПК), снабженные печными трансформаторами повышенной мощности. Увеличение мощности дуги при этом достигается за счет одновременного возрастания ее тока и напряжения. Известно, что длина дуги ℓ_d прямо пропорциональна ее напряжению U_d и обратно пропорциональна градиенту напряжения столба дуги β

$$\ell_d = \frac{U_d - U_{AK}}{\beta}, \quad (1)$$

где U_{AK} – сумма падений напряжения в анодной и катодной областях дуги.

АПК, как правило, работают с высокоосновным шлаком, которому соответствуют $\beta = 0,5-1,8$ В/мм [1], если $\beta = 1,8-3,5$ В/мм для окислительного периода плавки и $\beta = 10-12$ В/мм для периода расплавления твердой шихты в ДСП, что приводит к еще большему увеличению ℓ_d [2]. Рост длины дуги приводит к увеличению облученности футеровки рабочего пространства ДСП и АПК, что снижает срок ее службы. Поэтому возникает необходимость в экранировании дуги слоем шлака повышенной, по сравнению с требованиями технологии, толщины. Отношение толщины слоя шлака к длине дуги, носящее название коэффициента экранирования дуги $k_{\varepsilon d}$, в период окисления и рафинировки рекомендуется поддерживать в пределах 1,2-1,5 [2]. При этом наблюдается непосредственный контакт между электродом и слоем шлака, что приводит к ответвлению части тока электрода в него. Удельное сопротивление шлака снижается с ростом его основности, что усиливает рассматриваемое выше явление. При моделировании процессов в 330 т АПК с трансформатором мощностью 45 МВА было установлено, что величина тока, замыкающегося через шлак доходит до 15% тока электрода, поэтому учет влияния шлака на параметры электрического режима высокоомощных электропечных агрегатов оказывается необходимым.

Для того чтобы определить сопротивление слоя рафинировочного шлака, его, необходимо рассматривать как массивный проводник [3]. Для исследования распределения тока в нем применяются методы, которые используются для расчета магнитных полей. Однако, они являются довольно сложными, поэтому если ввести ряд допущений (в слое шлака отсутствует поверхностный эффект и волновые процессы, так как длины волн на промышленной

частоте и частотах гармоник значительно больше габаритов плавильного пространства; переходное сопротивление между электродом, дугой и слоем шлака равно нулю, так как величина удельного сопротивления шлака $\rho_{ш}$ в значительной степени учитывает это явление), слой шлака можно рассматривать как однородный трехмерный проводник, сопротивление которого определяется по (2)

$$R = \int_0^{\ell} \frac{du_1}{\int_{\text{по площади}} (h_2 h_3 / \rho h_1) du_2 du_3}, \quad (2)$$

где u_1, u_2, u_3 – ортогональные криволинейные координаты;

h_1, h_2, h_3 – масштабные множители, равные квадратному корню из произведения метрических коэффициентов, введенные так, что $h_1 du_1$ и т.д. есть дифференциальные элементы длины.

Из этого выражения следует, что сопротивление проводника с постоянным удельным сопротивлением является функцией лишь его геометрии. Криволинейная координата u_1 возрастает в направлении, параллельном линиям тока, и перпендикулярна эквипотенциальным поверхностям. Две другие ортогональные криволинейные координаты u_2 и u_3 на эквипотенциальной поверхности введены для того, чтобы учесть площадь поперечного сечения элементарной трубки тока. Из определения u_1 следует, что в случае применения уравнения (2) необходимо знать линии тока, то есть должен быть известен вектор плотности тока \vec{j} . Это в свою очередь предполагает решение уравнения Лапласа, поскольку вектор \vec{j} может быть получен, если известен градиент скалярного потенциала в проводнике. Решение уравнения Лапласа в простой замкнутой форме обычно можно получить лишь тогда, когда геометрия и границы достаточно элементарны, например, являются круговыми или сферическими.

На рисунке 1 представлена схема горения дуги, а на рисунке 2 – форма проводящего слоя шлака и ее аппроксимационная модель. В силу того, что сопротивление слоя шлака включено на линейные напряжения, а сами электроды расположены симметрично относительно ковша и друг друга, разделим единый проводник, которым является слой шлака, по прямым, проходящим через центр ковша и оси электродов, на три равные части (АОВ; ВОС; СОА). Сопротивления этих частей будут равны друг другу и являются искомым $R_{ш\Delta}$. В целях удобства вычислений разобьем каждую из трех частей по прямой ОЕ на две равные последовательно включенные части, сопротивление каждой из которой будет равно половине искомого (рисунок 2).

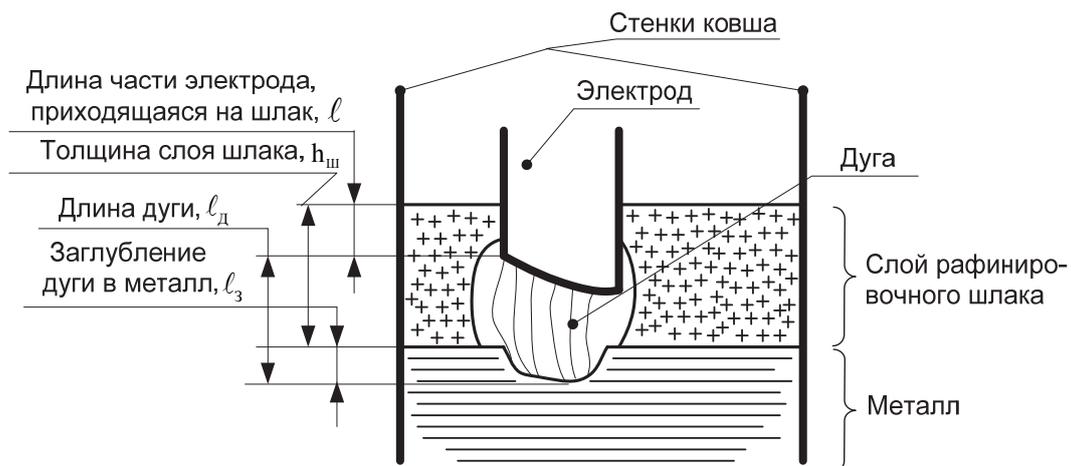


Рисунок 1 – Схема горения дуги в шлаке (условно показано горение одной дуги)

Однако в данном случае применение выражения (2) весьма затруднительно, так как рассматриваемый проводник обладает сложной формой и разрешение интеграла потребует знание закона распространения криволинейной координаты u_1 , который можно получить только моделированием электромагнитного поля в нем. Поэтому с достаточной степенью точности проводник произвольной формы можно аппроксимировать проводником элемен-

тарной формы, где определение закона распространения криволинейной координаты u_1 не представляет значительных сложностей [4]. Для этого у аппроксимационной модели должны сохраняться площади контактных поверхностей и расстояние между ними [4]. Таким образом, заменим рассматриваемый проводник проводником в форме сегмента пустотелого цилиндра, где контактами выступают его внутренняя и наружная поверхности. В данном случае координата u_1 распространяется радиально от оси фигуры, то есть если применять цилиндрические координаты, – в направлении возрастания координаты ρ . Аппроксимационная модель (сектор пустотелого цилиндра) рассматривается в прямоугольных и цилиндрических координатах. Основные расчеты ведутся для проекции ее на плоскость xu или $\rho\varphi$, поэтому дальнейшие выкладки будут вестись в отношении этих проекций.

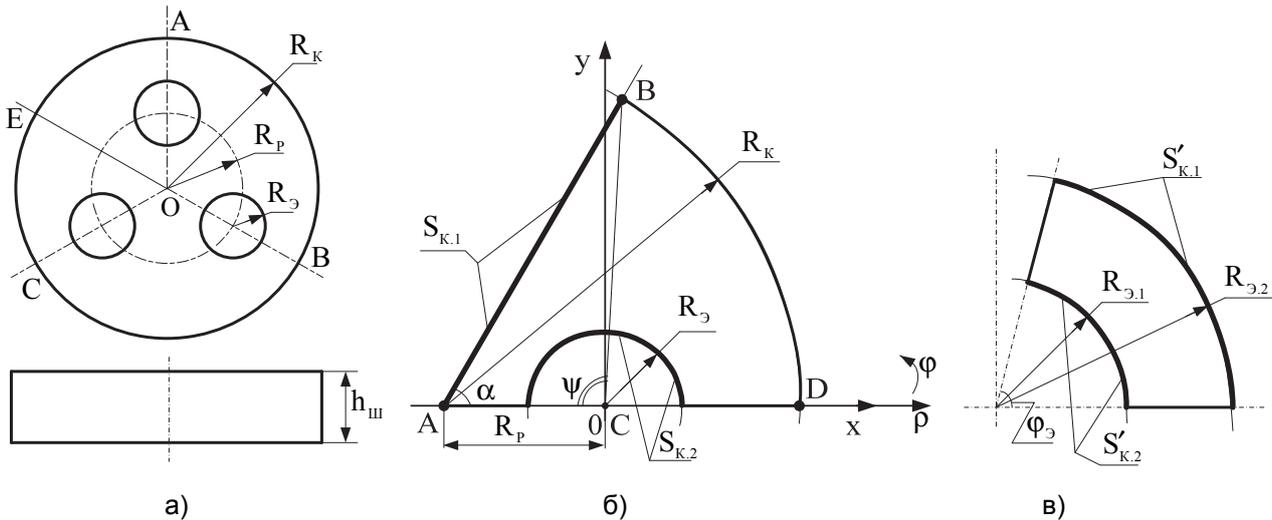


Рисунок 2 – К определению сопротивления рафинировочного шлака: а-геометрия слоя рафинировочного шлака; б)-участок проводящего слоя (вид сверху); в)-аппроксимационная модель участка проводящего слоя (вид сверху)

Внешний радиус цилиндра (рисунок 2в) равен среднему расстоянию от центральной оси электрода до края контактной поверхности AB . Если начало координатных осей поместить в точку, через которую проходит ось электрода, то уравнение прямой AB в прямоугольных и цилиндрических координатах будет иметь вид

$$\begin{cases} y(x) = (x + R_p) \operatorname{tg} \alpha; \\ \rho(\varphi) = \frac{\sqrt{3} R_p}{\sin \varphi - \sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{\sqrt{3} R_p}{2 \sin(\varphi - \alpha)}, \end{cases} \quad (3)$$

где R_p – радиус распада электродов;

α – угол наклона прямой AB к оси абсцисс ($\alpha = 60^\circ = \pi/3$ рад).

Среднее расстояние от начала координат до прямой AB при условии, что $\alpha = 60^\circ = \pi/3$ определяется как

$$R_{CP} = \frac{1}{\psi} \int_{\pi-\psi}^{\pi} \frac{\sqrt{3} R_p}{2 \cdot \sin\left(\varphi - \frac{\pi}{3}\right)} d\varphi = \frac{\sqrt{3} R_p}{2\psi} \ln \left(\frac{\sqrt{3}}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\psi}{2}\right)} \right), \quad (4)$$

где ψ – предел интегрирования (угол между сторонами AC и BC), определяемый по теоремам синусов и косинусов согласно (5).

$$\begin{cases} BC = \sqrt{AC^2 + BC^2 - 2AC^2 BC^2 \cos \alpha} = \sqrt{R_k^2 + R_p^2 - R_k R_p}; \\ \frac{BC}{\sin \alpha} = \frac{AB}{\sin \psi}; \\ \psi = \arcsin \left(\frac{\sqrt{3} R_k}{2\sqrt{R_k^2 + R_p^2 - R_k R_p}} \right), \end{cases} \quad (5)$$

где АВ равно радиусу ковша R_K , а ВС равно радиусу распада электродов R_P .

Определим угол раствора $\varphi_{\text{э}}$ цилиндрического сектора с тем, чтобы площади контактных поверхностей модели $S'_{K,1}$ и $S'_{K,2}$ были равны фактическим $S_{K,1}$ и $S_{K,2}$ (см. рисунок 2). Таким образом

$$\begin{cases} S_{K,1} = R_K \cdot h_{\text{ш}}; \\ S_{K,2} = \pi \cdot R_{\text{э}} \cdot h_{\text{ш}}; \\ S'_{K,1} = \varphi_{\text{э}} \cdot R_{\text{э},2} \cdot h_{\text{ш}}; \\ S'_{K,2} = \varphi_{\text{э}} \cdot R_{\text{э},1} \cdot h_{\text{ш}}. \end{cases} \quad (6)$$

Исходя из (6) определим значения $\varphi_{\text{э}}$ и $R_{\text{э},1}$ – малый радиус цилиндрического сектора при условии, что больший радиус цилиндрического сектора $R_{\text{э},2}$ равен среднему расстоянию между контактными поверхностями $R_{\text{ср}}$

$$\begin{cases} \varphi_{\text{э}} = \frac{R_K \cdot h_{\text{ш}}}{R_{\text{э},2} \cdot h_{\text{ш}}} = \frac{R_K}{R_{\text{ср}}}; \\ R_{\text{э},1} = \frac{\pi \cdot R_{\text{э}}}{\varphi_{\text{э}}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{э}} \cdot R_{\text{ср}}}{R_K}, \end{cases} \quad (7)$$

Сопrotивление проводящего цилиндрического сектора без учета «выдувания» шлака под действием дуги определяется согласно (2) как

$$R_{\text{ш},\Delta,T} = 2 \int_{R_{\text{э},1}}^{R_{\text{э},2}} \frac{d\rho}{\int_0^{\varphi_{\text{э}}} \int_0^{h_{\text{ш}}} \frac{\rho}{\rho_{\text{ш}}} dz} = 2 \frac{\rho_{\text{ш}}}{\varphi_{\text{э}} h_{\text{ш}}} \ln \frac{R_{\text{э},2}}{R_{\text{э},1}}. \quad (8)$$

При этом необходимо учесть, что при изменении длины дуги и постоянной толщине шлака площадь контактной поверхности «электрод-шлак» будет изменяться, соответственно сопротивление слоя шлака уже не будет равно величине, полученной согласно (8). Поэтому для получения фактического значения сопротивления шлакового слоя величину $R_{\text{ш},\Delta,T}$ необходимо умножить на поправочные коэффициенты, определяемые согласно (9)

$$R_{\text{ш},\Delta} = R_{\text{ш},\Delta,T} \cdot \varepsilon \cdot m, \quad (9)$$

где ε – коэффициент, учитывающий сильное изменение сопротивления при малых длинах дуг ℓ_d , см

$$\varepsilon = 1 - \exp(-23 \ell_L);$$

m – поправочный коэффициент, зависимость которого от длины части электрода ℓ , см, погруженной в шлак представлена в таблице.

Таблица – Зависимость коэффициента m от длины части электрода ℓ , погруженной в шлак

ℓ , см	0,60	0,70	0,80	0,950	1,15	1,45	1,90	2,55	3,85	6,0
m	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,0	0,90	0,8	0,748

Поскольку при расчетах электрических режимов требуется совместное определение тока дуги и тока, замыкающегося через шлак, величину сопротивления, полученную согласно выражению (9) необходимо привести от линейного к фазному напряжению, то есть «включить» слой шлака не треугольником на межэлектродные напряжения, а звездой на фазные параллельно дугам. Таким образом, сопротивление слоя шлака будет определяться как

$$R_{\text{ш},Y} = \frac{1}{3} R_{\text{ш},\Delta} = \frac{2\rho_{\text{ш}}}{3\varphi_{\text{э}} h_{\text{ш}}} \ln \frac{R_{\text{э},2}}{R_{\text{э},1}} m \varepsilon. \quad (10)$$

При расчетах электрических режимов электропечных агрегатов необходимо учитывать, что удельное сопротивление шлака $\rho_{\text{ш}}$ зависит также от его температуры, для чего необходимо пользоваться эмпирическими кривыми, представленными в [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Морозов, А.Н. Современное производство стали в дуговых печах / А.Н. Морозов. -М.: Металлургия, 1983. -272 с.
- 2 Никольский, Л.Е. Тепловая работа дуговых сталеплавильных печей / Л.Е. Никольский, В.Д. Смоляренко, Л.Н. Кузнецов. -М.: Металлургия, 1981. -320 с.
- 3 Марков, Н.А. Электрические цепи и режимы дуговых электропечных установок / Н.А. Марков. -М.: Энергия, 1975. -208 с.
- 4 Анализ и расчёт интегральных схем. Ч.1. Основы расчета интегральных схем и линейные схемы / под ред. Д. Линна [и др.]. -М.: Мир, 1969. -370 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дуговая электропечь, рафинировочный шлак, электрическая дуга, аппроксимационная модель, удельное сопротивление
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шпиганович Александр Николаевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ЛГТУ»
Зацепин Евгений Петрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ЛГТУ»
Ищенко Андрей Евгеньевич, аспирант ФГБОУ ВПО «ЛГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, ФГБОУ ВПО «ЛГТУ»

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ОПЕРАТИВНМ ПЕРИОДЕ УПРЕЖДЕНИЯ

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, филиал
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей
сообщения»

В.Г. Дурнов

AN APPLICATION OF ANALYSIS HIERARCHY METHOD IN PROBLEMS OF TIME-SERIES ELECTRICITY CONSUMPTION FORECASTING

Trans-Baikal institute of railway transport, branch «Irkutsk state university of means of communication»

V.G. Durnov

The problem of increasing the accuracy of train traction electricity consumption forecasting on the basis of systems analysis is considered. Mathematical model for choosing the optimal forecasting techniques, based on initial information, were developed. The optimum technique of forecasting of time rows of a power consumption is determined at the operative period of lead. The considered approach to the train traction electricity consumption forecasting in RZD allow reducing expenses on buying electricity.

Keywords: time series of power energy consumption, a method of forecasting, railway transport

На основе системного анализа решена задача по увеличению точности прогнозирования тягового электропотребления. Разработана математическая модель выбора оптимальной методики прогнозирования в зависимости от исходной информации. Определена оптимальная методика прогнозирования временных рядов электропотребления при оперативном периоде упреждения. Рассмотренный подход к задачам прогноза тягового электропотребления в ОАО «РЖД» позволяет сократить издержки при покупке электрической энергии.

Железнодорожный транспорт в период перехода России на рыночную экономику потерпел значительные перемены в принципах организации своей деятельности. Рыночный отпуск электрической энергии (ЭЭ) по заявкам потребителя в настоящее время приобретает все более массовый характер. При составлении заявок на рынке электроэнергии к потребителям повышаются требования к надежности и достоверности результатов планирования ЭП. Величина нормативного уровня отклонений прогнозного значения для покупателя, устанавливается в размере 2%, но приемлемым диапазоном для предприятия не несущего существенных издержек можно считать $\pm 5\%$ [1]. В этих условиях появляется возможность заключать договоры на приобретение энергоресурсов у поставщиков ЭЭ по льготным тарифам. Наиболее высокие требования предъявляются оперативным прогнозам, поскольку именно они определяют управление текущим режимом работы энергосистемы.

Будущее потребление ЭЭ можно определять не только на базе статистических данных и некоторого учета факторов влияния, а рассчитать точно, по правильным алгоритмам. Данный подход предполагает разработку математической модели выбора оптимальной методики прогнозирования (ВОМП) электропотребления железнодорожным транспортом, в зависимости от периода упреждения и исходной информации.

Таким образом, ВОМП должен осуществляется на основе исследования моделей, позволяющих оценить качество различных вариантов и выявить предпочтение между ними.

Многокритериальная модель задачи принятия решений может быть представлена в следующем виде

$$\langle S_0, T, Q \mid S, K, V, R, B, G, F_{opt} \rangle,$$

где слева от черты расположены известные, а справа не известные элементы.

Проблемная ситуация S_0 представляет собой процесс выбора оптимальной методики прогнозирования электропотребления железнодорожным транспортом. В настоящее время существует множество методик, которые создавались в разное время разными группами исследователей, разработавшими в разных парадигмах и поэтому, по сути, они очень разно-

качественные. В этой связи весьма часто не просто разобраться, какой из методов брать для той или иной ситуации.

Процесс выбора оптимальной методики прогнозирования электропотребления железнодорожным транспортом относится к классам оперативных задач, что требует в условиях ограниченного времени принять единственное и правильное решение. Расчеты проводятся в интервале T от долей минут до нескольких часов в разрезе суток.

В качестве ресурсов Q для нахождения оптимального решения используются: знания и опыт лица принимающего решения (ЛПР) и экспертов, научно-технический потенциал организаций работающие на рынке электрической энергии, автоматизированные системы информационного обеспечения и управления, финансовые и материально-технические ресурсы.

Для уточнения проблемной ситуации S_0 необходимо сформулировать гипотетические ситуации (гипотезы, версии) S_i ($i = \overline{1, n}$), образующие конечное множество $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$. Каждая ситуация S_i альтернативна всем остальным, то есть все ситуации взаимоисключающие и, следовательно, независимыми. Набор ситуаций охватывает все возможные ситуации, доопределяющие проблемную ситуацию S_0 , представляющий собой исходную информацию имеющую «разную комплектацию» зависимости от состояния. Исходной информацией выступает: период упреждения, наличие информации о температуре окружающей среды, грузообороте и непосредственно предыстория электропотребления.

Принятие решения осуществляется в условиях различных ограничений: финансовых, материальных, правовых, временных. Поэтому формируются множество ограничений $G = (G_1, G_2, \dots, G_n)$, влияющих на возможность реализации решений и достижение поставленной цели в проблемной ситуации.

Для решения проблемы формируется множество альтернативных вариантов решений $V = (V_1, V_2, \dots, V_n)$, из которых должно быть выбрано единственное оптимальное или приемлемое решение F_{opt} . В множество возможных решений включается и решение о бездействии, при котором сохраняется проблемная ситуация.

Функция предпочтения R используется для описания и сравнительной оценки качества решений на основе предпочтений ЛПР. Эта оценка может носить качественный характер, тогда все альтернативные варианты решения V_i упорядочиваются по предпочтению, или количественный характер, тогда можно сравнивать, на сколько или во сколько раз одно решение лучше другого.

Математическая модель ситуации принятия решения выбора оптимальной методики прогнозирования электропотребления при многих критериях включает следующие три обязательных элемента: множество вариантов (решений) $V = (V_1, V_2, \dots, V_n)$, векторный критерий $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$ и отношения предпочтения и безразличия обозначаемые P и I соответственно.

Каждый вариант V_i из множества всех вариантов V характеризуется значениями критериев K_i , $i = 1, \dots, n$, которые называются частными и, будучи записаны по порядку, составляют векторный критерий $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$. Под критерием K_i следует понимать функцию, определяемую на V и принимающую значение из множества (шкалы) X_i .

Таким образом, каждый вариант V_i характеризуется n оценками по критериям $K_1(v)$, $\dots, K_m(v)$. Эти числа составляют вектор $K(V)$ или $Y(V)$, который будем называть векторной оценкой варианта, так что можно записать равенство

$$K(V) = (K_1(V), \dots, K_m(V)) = Y(V) = (Y_1(V), \dots, Y_m(V)).$$

Сравнение вариантов по предпочтению сводится к сопоставлению их векторных оценок. Множество всех векторных оценок обозначим через Y .

Степень важности критериев осуществляется с помощью качественной оценки вида «один критерий важнее другого» или «оба критерия равноважны».

Отбор доминируемых альтернатив производится по правилу: критерий K_i важнее критерия K_j , когда всякая векторная оценка i критерия предпочтительнее, чем j критерия.

Степень важности критериев осуществляется с помощью качественной оценки вида

«один критерий важнее другого» или «оба критерия равноважны». В свою очередь качественные оценки менее информативны, чем количественные, но они проще для человека и потому более надежны (меньше возможности появления в них ошибок) [2]. Определение во сколько раз один критерий важнее другого является очень сложной по решению задачей, именно в нахождении коэффициентов важности критериев, поэтому в дальнейшем исследовании мы будем применять качественную важность критериев.

Функция реализации имеет следующий вид

$$F_{opt} : V \times B \rightarrow S.$$

Процесс принятия решения характеризуется тем, что при выборе альтернативы принимающему решению не известно наличное состояние среды $B = (B_1, B_2, \dots, B_n)$ и он не имеет информации о вероятностях их появления.

Целевая функция F_{opt} указывает эффективность того исхода, который получается при ситуации, когда принимающий решение выбирает альтернативу $V_i \in V$, среда принимает состояние $B_j \in B$.

Пусть множества V и B являются конечными, тогда целевая функция может быть задана

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \{1, \dots, i, \dots, n\} \\ B = \{1, \dots, j, \dots, m\} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{opt}(i, j) = a_i^j,$$

оптимальное решение в ситуации i , а среда приобретает состояние j .

Пусть имеет место некоторая операция, то есть управляемое мероприятие, исход которого зависит от действий оперирующей стороны и некоторых фиксированных факторов, полностью известных ЛПР и характеризующие условия протекания ситуации. Стратегию ЛПР обозначается как L , представляющий собой n -мерный вектор, то есть $L = (L_1, L_2, \dots, L_n) = L_i, i = \overline{1, n}$.

Компоненты L_i вектора управления L связаны рядом ограничений $G = (G_1, G_2, \dots, G_n)$. Эти ограничения можно представить в виде условия

$$G_i = G_i(C_i \cdot L_i) \geq D_i, i = \overline{1, n},$$

где D_i – фиксированная скалярная величина;

C_i – некоторая совокупность фиксированных величин.

Условие определяет область S допустимых значений стратегии L . ЛПР управляет операцией, выбирая ту или иную стратегию из области S и их допустимых значений.

Эффективность действию оценивается совокупностью критериев $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$, которые отличаются своими относительной важности $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, образуя вектор важности $\Lambda = (\lambda_i)$.

Каждый локальный критерий K_i связан со стратегией некоторым отображением

$$K_i = K_i(A_i \cdot L), i = \overline{1, n},$$

где A_i – совокупность факторов влияющих на электропотребление.

Векторный критерий $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$, $n = \overline{1, k}$, будет представлять векторную функцию стратегии

$$K_i = K_i(A_i \cdot L) = K(A, L), i = \overline{1, n}.$$

Оптимальное решение определяется двумя условиями:

1 Решение должно принадлежать S ее допустимым значениям.

2 Решение должно быть оптимальным, в смысле принятого в задачи компромисса с учетом вектора $\Lambda = (\lambda_i)$ важностей локальных критериев

$$F_{opt} = K(a_i^j) = opt[K(L), \Lambda].$$

Применяя рассмотренную математическую модель, выявлено, что адаптивная методика множественной регрессии является единственной по отсутствию эквивалентных альтернатив. В соответствии с этим на рисунке представлен сравнительный анализ результатов прогнозирования электропотребления железнодорожным транспортом для оперативного периода упреждения рассчитанный адаптивным методом (AMP) и представленные из автома-

тизированной системы управления покупкой и потреблением электрической энергии (АСУ ППЭ) Забайкальской дирекции по энергообеспечению «Трансэнерго» – филиала ОАО «РЖД». Максимальная погрешность предлагаемого метода лежит в пределах интервала $\pm 5\%$.

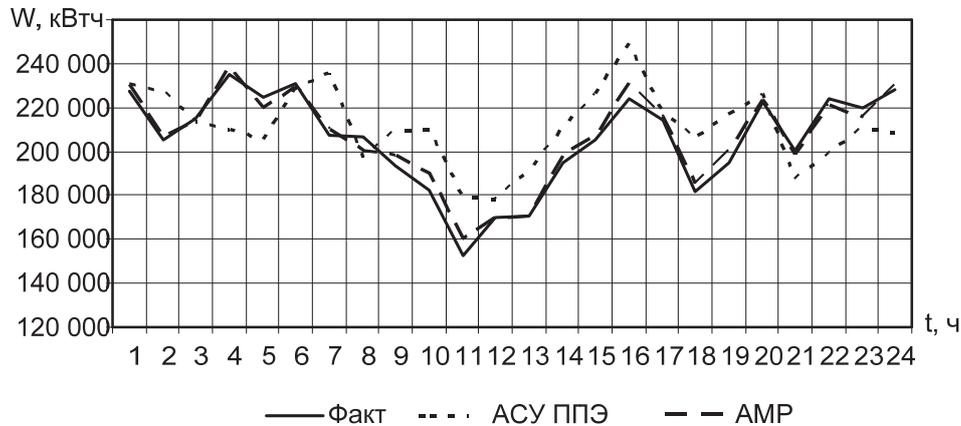


Рисунок – Соотношение прогнозного и фактического электропотребления

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дурнов, В.Г. Прогнозирование электропотребления / В.Г. Дурнов, Н.В. Раевский, Д.А. Яковлев // XV Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии»: сб. тр. / Том. политехн. ун-т. -Томск, 2009. -Т.1.
 2 Подиновский, В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. -64 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *временной ряд электропотребления, метод прогнозирования, железнодорожный транспорт*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Дурнов Виталий Геннадьевич, ассистент ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *672040, г. Чита, Магистральный переулок, 11, ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ОПЕРАТИВНМ ПЕРИОДЕ УПРЕЖДЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

А.П. Афонин

MICROPROCESSOR DEVICE FOR CONTROL THE TECHNICAL CONDITION OF THE COLLECTOR-BRUSH ASSEMBLY TRACTION MOTORS IN NONIDENTITY CONDITIONS OF OPERATING CYCLES
 «Omsk state transport university»
 A.P. Afonin

In article the microprocessor device for the control of a technical condition of the collector-brush assembly traction motors in nonidentity conditions of operating cycles is submitted.

Keywords: the traction electric motor, sparking intensity, the diagnosing, collector-brush assembly, the graph model

Представлено микропроцессорное устройство для контроля технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей в условиях неидентичности коммутационных циклов.

На техническое состояние коллекторно-щеточного узла (КЩУ) машины постоянного тока (МПТ) оказывают влияние как внутренние факторы электромагнитной и механической природы, приводящие к появлению неидентичности коммутационных циклов, так и внешние, определяющие условия работы двигателя, например, изменение температуры окружающей среды, влажности, вибрации и другие параметры [1].

Экспериментальные исследования процесса коммутации коллекторных электрических МПТ серии 2П показали, что в результате воздействия указанных факторов электромагнитной и механической природы возникает неидентичность коммутационных циклов секций обмотки якоря, как во времени, так и по коллектору. Предложено при оценке состояния комму-

тации МПТ использовать не только среднее значение интенсивности искрения, но и значения среднего квадратического отклонения интенсивности искрения, как во времени, так и по коллектору. В результате сформированы регрессионные уравнения, описывающие зависимость указанных диагностических параметров с основными факторами, оказывающими действие на состояние коммутации МПТ [2].

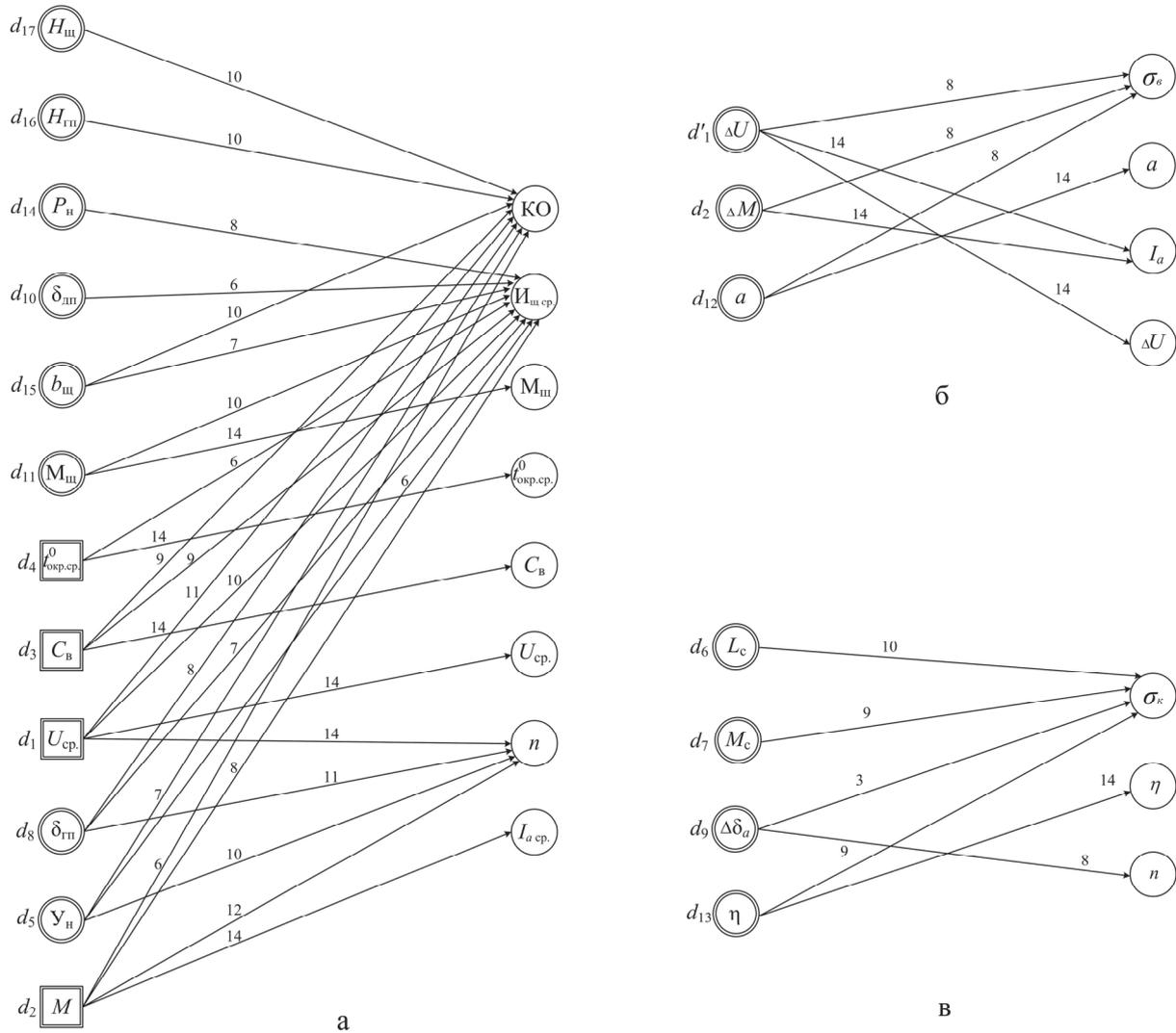


Рисунок 1 – Двудольные графы соответствия дефектов и диагностических параметров КЩУ ТЭД, определяющих средний уровень искрения (а); оценки неидентичности коммутационных циклов во времени (б); оценки неидентичности коммутационных циклов по коллектору (в)

Полученные регрессионные уравнения использованы для выявления множества диагностических параметров, позволяющих оценить техническое состояние КЩУ тягового электродвигателя (ТЭД) и отвечающих требованиям доступности измерения, достоверности результатов измерения, информативности и различительной способности. С этой целью применен графоаналитический метод с последующей декомпозицией исходной граф-модели по характеру воздействия факторов на процесс коммутации МПТ.

В результате сформированы множества диагностических параметров для оценки работы КЩУ в целом по машине $B_1 = \{\text{круговой огонь (КО), средний уровень искрения щеток } I_{щ.ср}; \text{ марка щетки } M_{щ}; \text{ температура окружающей среды } t_{окр.ср}; \text{ влажность } C_в; \text{ среднее значение напряжения питания } U_{ср}; \text{ частота вращения } n; \text{ среднее значение тока якоря } I_{aср}\}$; для оценки неидентичности коммутационных циклов во времени $B_2 = \{\text{среднее квадратическое отклонение интенсивности искрения во времени } \sigma_a; \text{ вибрация испытуемой машины } a, \text{ ток якоря } I_a; \text{ изменение напряжения питания } \Delta U\}$; для оценки неидентичности коммутационных цик-

лов по коллектору $B_3 = \{\text{среднее квадратическое отклонение интенсивности искрени по коллектору } \sigma_k; \text{ профиль коллектора } \eta; \text{ частота вращения } n\}$.

На основе выбранных множеств B_1, B_2 и B_3 составлены схемы покрытия в виде двудольных графов соответствия между множеством дефектов и множеством диагностических параметров (рисунок 1).

В сформированных множествах B_1, B_2 и B_3 присутствуют диагностические параметры характеризующие процесс искрени испытуемой машины, такие как $I_{\text{ш.ср.}}, \sigma_v, \sigma_k$.

Для измерения и регистрации указанных параметров в условиях неидентичности коммутационных циклов использован прибор контроля качества коммутации электрических машин ПКК-5 [1], который дополнен цифровым регистратором. Структурная схема и алгоритм работы цифрового регистратора представлены на рисунке 2 и 3 соответственно.

Регистратор выполнен на основе микроконтроллера ATmega 8535, управляющего работой всех элементов блока. Выходные сигналы прибора ПКК-5М, пропорциональные интенсивности искрени от недо- и перекоммутированных секций,

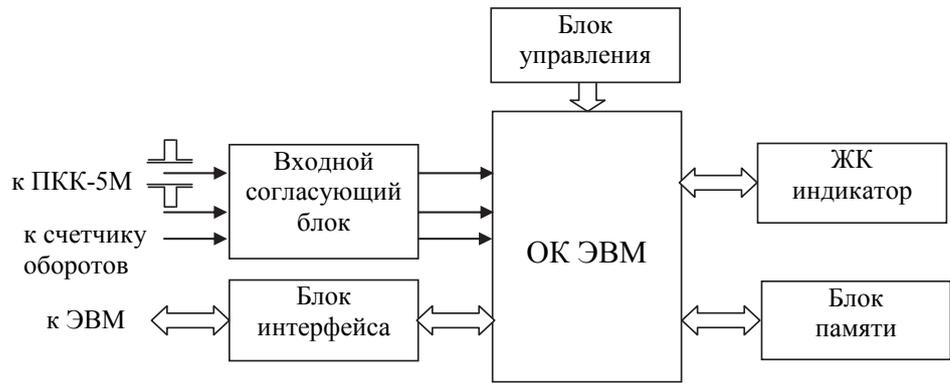


Рисунок 2 – Структурная схема цифрового регистратора

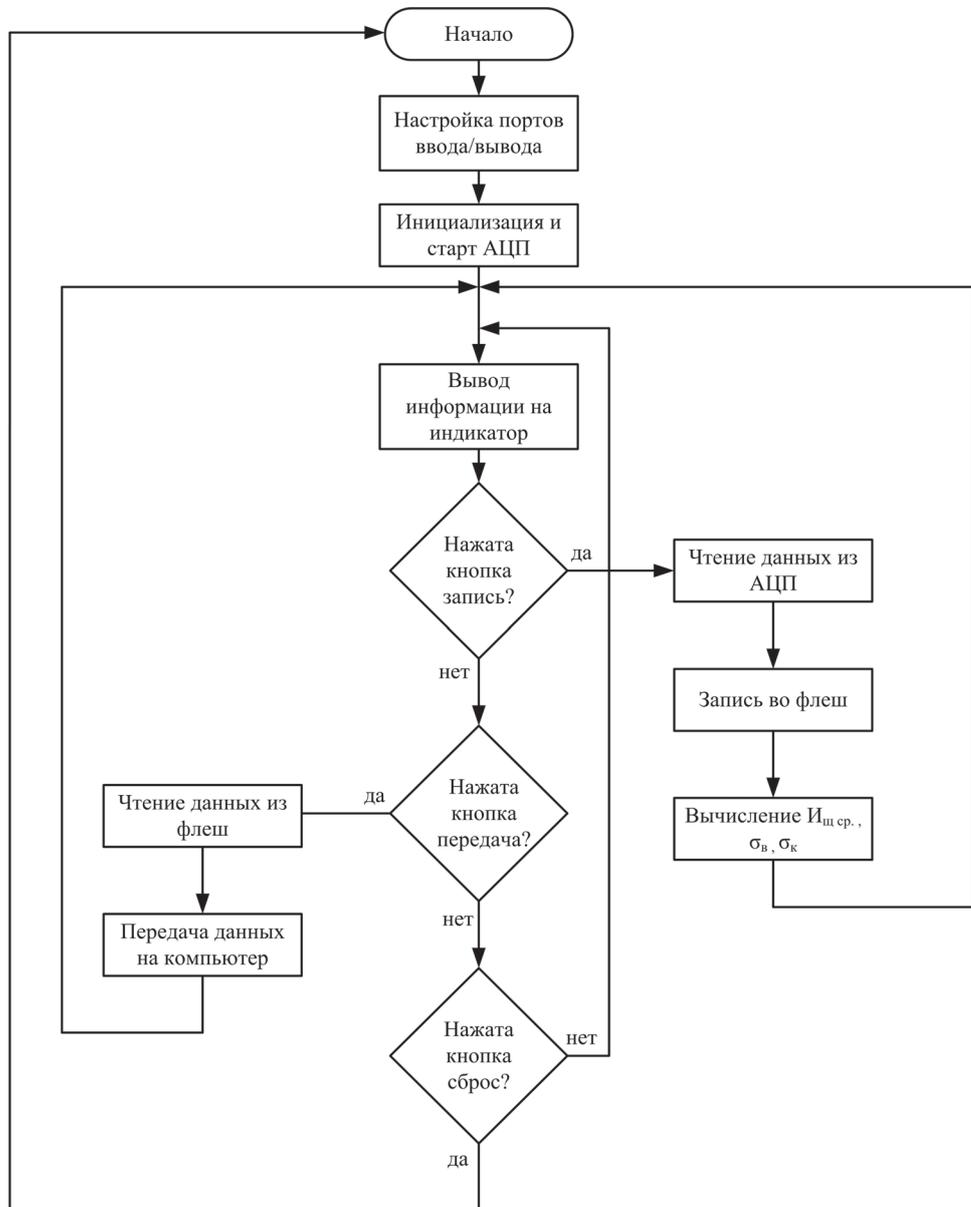


Рисунок 3 – Алгоритм работы цифрового регистратора

а также сигнал от счетчика оборотов, поступают на входной согласующий блок, а затем – на входы коммутатора АЦП микроконтроллера. Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.

Схемное решение прибора ПКК-5М защищено авторскими свидетельствами и патентами №1185433, 1365258, 1372434, 1629935

Управляющая программа производит циклическое преобразование входных сигналов и выводит текущие значения измеренных диагностических параметров на жидкокристаллический индикатор. В процессе записи осуществляется сохранение измеренных значений в энергонезависимой flash памяти блока, реализованной на микросхеме Ramtron FM25256, и расчет средних квадратических отклонений импульсов искрения по коллектору за один оборот и по оборотам (во времени) на отдельной пластине, а также среднего значения интенсивности искрения. По завершении процесса записи на индикаторе блока появляется сообщение «Запись 100 %» и управляющая программа переходит в режим индикации рассчитанных значений с задержкой 30 секунд, затем программа возвращается в свой цикл работы – на экране отображаются текущие значения и происходит постоянный опрос кнопок управления.

Передача накопленной информации в персональную ЭВМ осуществляется по шине USB с помощью блока интерфейса, выполненного на микросхеме DLP-USB232M. Программное обеспечение (рисунок 5) ЭВМ осуществляет первичную обработку полученной информации и диагностирование технического состояния КЩУ ТЭД.

Алгоритм вычисления среднего уровня интенсивности искрения щеток $I_{ц.ср}$, среднего квадратического отклонения интенсивности искрения во времени $\sigma_в$ и среднего квадратического отклонения интенсивности искрения по коллектору $\sigma_к$ приведен на рисунке 6.

По измеренным текущим значениям интенсивности искрения секций якорной обмотки формируется массив данных, в котором полученные значения разделяются на обороты. Далее происходит расчет средних квадратических отклонений интенсивности искрения одних и тех же секций от оборота к обороту, среднее



Рисунок 4 – Внешний вид доработанного прибора контроля качества коммутации ПКК-5М

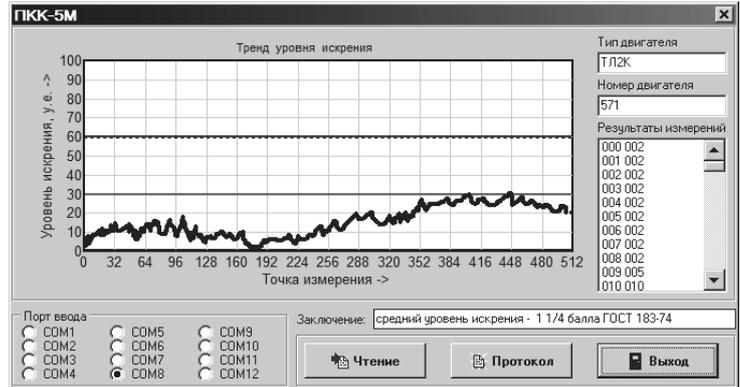


Рисунок 5 – Программное обеспечение прибора ПКК-5М



Рисунок 6 – Алгоритм вычисления

значение которых является средним квадратическим отклонением интенсивности искрения во времени σ_e . Затем рассчитывается среднее квадратическое отклонение интенсивности искрения по коллектору σ_k путем нахождения среднего значения средних квадратических отклонений интенсивности искрения секций за каждый оборот. Средним уровнем интенсивности искрения $I_{иср}$ является среднее значение всего массива данных. После вычислений результаты выводятся на индикатор.

Таким образом разработанный прибор с микропроцессорным модулем может быть использован не только для контроля интенсивности искрения, но и для оценки технического состояния КЩУ ТЭД в составе аппаратно-программного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Харламов, В.В. Методы и средства диагностирования технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей и других коллекторных машин постоянного тока: монография / В.В. Харламов; Ом. гос. ун-т путей сообщения. -Омск, 2002. -233 с.

2 Харламов, В.В. Диагностирование состояния коммутации коллекторных электродвигателей с использованием прибора ПКК-5М / В.В. Харламов, П.К. Шкодун, А.П. Афонин // Изв. Транссиба / Ом. гос. ун-т путей сообщения. -Омск, 2011. -Вып.3(7). - С. 52-57.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *тяговый электродвигатель, интенсивность искрения, диагностирование, коллекторно-щеточный узел, граф-модель*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Афонин Александр Петрович, аспирант ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644046, г. Омск, пр. К. Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»*

ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В АВАРИЙНОМ ДВУХФАЗНОМ РЕЖИМЕ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Г.И. Однокопылов, А.Д. Брагин, И.Г. Однокопылов, Д.П. Столяров

RESEARCH OF INDUCTION MOTOR DRIVE IN EMERGENCY TWO-PHASE MODE

«National research Tomsk polytechnic university»

«Tomsk state university of architecture and building»

G.I. Odnokopylov, A.D. Bragin, I.G. Odnokopylov, D.P. Stolyarov

The three-phase induction motor in two-phase emergency mode was researched. Simulation model and transients are presented. It is shown that the time in which there was an emergency situation affects the quality of the transients.

Keywords: induction motor drive, emergency mode, simulation, dynamic characteristics

Исследован трехфазный асинхронный двигатель в двухфазном аварийном режиме работы. Представлена имитационная модель, приведены временные диаграммы. Показано, что момент времени в котором произошла аварийная ситуация влияет на качество переходных процессов.

Существуют области применения частотно-регулируемых асинхронных двигателей (АД), для которых «обрыв» фазы, выход из строя силового ключа инвертора может привести к нарушению безопасной эксплуатации оборудования с риском для персонала, большим экономическим потерям, браку продукции при продолжительном цикле обработки деталей. Задача повышения живучести электрооборудования во многих областях техники стала актуальной за счет возможности использования микроконтроллеров. В данной работе произведены исследования работоспособности частотно-регулируемого АД в аварийном двухфазном режиме.

Предложен новый подход обеспечения работоспособности АД в двухфазном режиме работы за счет микроконтроллерного управления асинхронным электроприводом с реализацией алгоритма восстановления [1]. Для работы АД в двухфазном режиме необходимо обеспечить равенство амплитудных значений токов в оставшихся фазах и обеспечить между ними временной сдвиг $\beta = \pi/3$. Данные условия определяют существование кругового вращающегося магнитного поля. Реализация этих условий возможна для электропривода, силовая часть которого выполнена по схеме силовых цепей с развязанными фазами [2].

Алгоритм восстановления работоспособности [3] при отказе в одной из фаз обеспечи-

вается микроконтроллером, который формирует задания на фазные токи I_A, I_B, I_C :

$$I_A = I_\omega \cdot \bar{a} \cdot \sin[(2^\sigma - 1 - \alpha)\bar{d} + \alpha d \pm \pi b] + I_{A0};$$

$$I_B = I_\omega \cdot \bar{b} \cdot \sin[(2^\sigma - 1 - \alpha)\bar{d} + \alpha d \pm \pi c + 2\pi/3] + I_{B0};$$

$$I_C = I_\omega \cdot \bar{c} \cdot \sin[(2^\sigma - 1 - \alpha)\bar{d} + \alpha d \pm \pi a + 4\pi/3] + I_{C0}.$$

- где I_ω – значение амплитуды формируемых фазных токов;
 α – значение текущего двоичного кода датчика положения ротора;
 σ – число двоичных разрядов выходного кода датчика положения ротора;
 I_{A0}, I_{B0}, I_{C0} – корректирующие коды заданий на токи фаз, позволяющие получить при нулевом задании;
 I_ω – нулевой ток в нагрузке;
 a, b, c – значение битов состояния электропривода по отказам;
 d – значение бита, вычисляемого по логическому выражению $d = a \cup b \cup c$;
 \cup – логическая операция «ИЛИ».

При возникновении аварийной ситуации («обрыв» фазы) возникают броски токов и момента двигателя. В зависимости от того в какой фазе произошло повреждение и в какой момент времени это произошло переходные процессы будут существенно различаться. Произведем исследование подобных аварийных ситуаций подробнее.

Для электропривода с АД исследования проводились на имитационной модели в трехфазной системе координат [1] в Matlab Simulink. Для моделирования был выбран двигатель МТФ 311-6. Модель электропривода (рисунок 1) включает в себя блок задания амплитуды и фазового сдвига векторов тока (ЗА), блок ПИ-регулятора тока (ПИ), асинхронный двигатель (АД), допускающий работу в неполнофазных режимах [4], блок управления (БУ), формирующий сигнал обрыва фазы, а также измерительный блок, с помощью которого снимаются токи статора и ротора, электромагнитный момент и частота вращения вала АД.

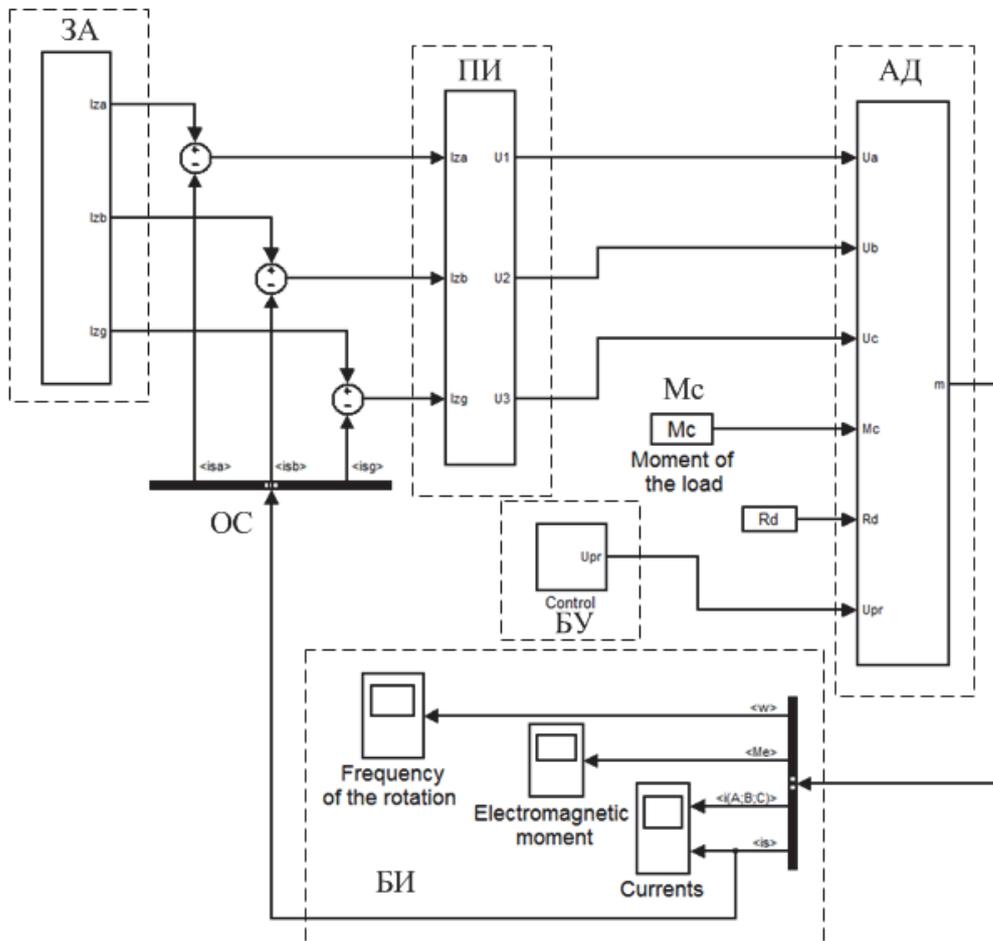


Рисунок 1 – Структурная схема асинхронного электропривода

С помощью предложенной схемы проведем исследования аварийного двухфазного режима при «обрыве» в фазы А. Векторная диаграмма токов для этого случая, поясняющая работу алгоритма восстановления приведена на рисунке 2.

На рисунке 3 приведена зависимость первого броска электромагнитного момента ΔM , возникающего после обрыва фазы А от времени t . В данном случае t – это момент времени, при котором произошла авария. Причем моментам времени 1,497; 1,507 и 1,517 с соответствует нулевое значение тока в фазе В, а 1,507 и 1,517 с – максимальные амплитудные значения I_B .

Из рисунка 3 следует, что бросок момента при «обрыве» фазы будет зависеть от того в какой момент времени это произошло. Рассмотрим временные характеристики для моментов времени 1,497 с и 1,502 с.

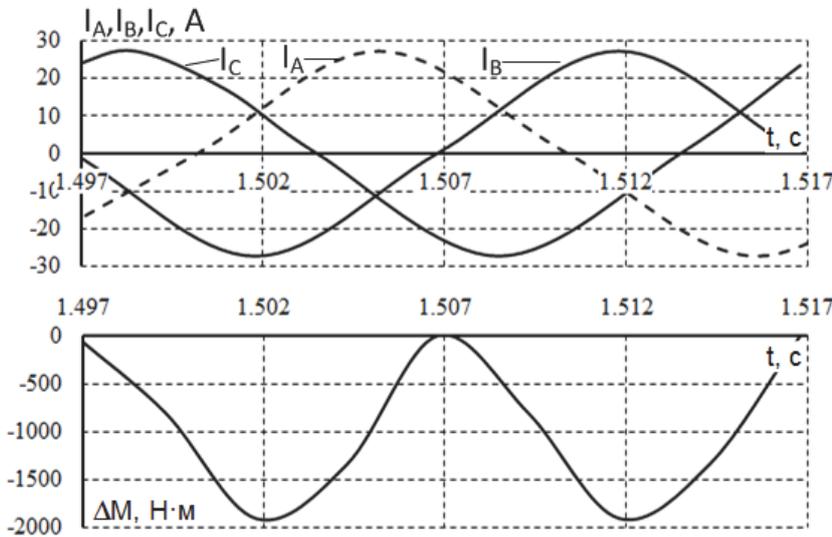


Рисунок 3 – Зависимость броска электромагнитного момента от момента времени, в который произошел обрыв фазы

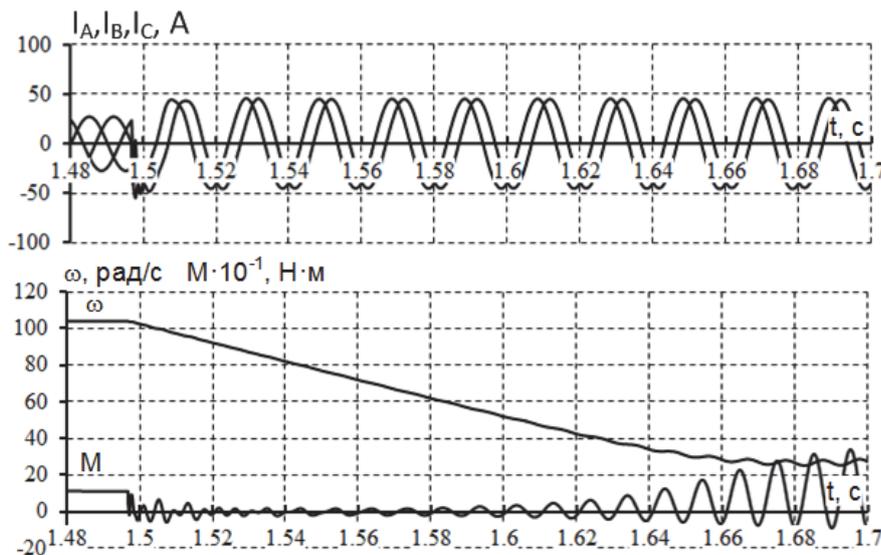


Рисунок 4 – Временные диаграммы перехода АД из трехфазного режима в двухфазный при обрыве фазы А при $t = 1,497$ с

факторов, таких как момент времени обрыва, используемый алгоритм восстановления. Так, при нулевом значении тока фазы В в момент обрыва фазы А, отсутствуют броски тока и момента. Вследствие этого отсутствуют колебания частоты вращения ротора АД.

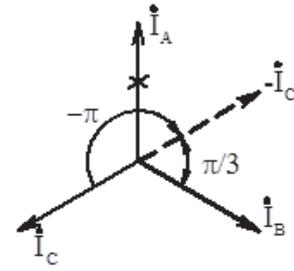


Рисунок 2 – Векторная диаграмма алгоритма восстановления

На рисунке 4 для нулевого значения тока в фазе В приведены временные диаграммы тока статора, частоты вращения вала и электромагнитного момента АД в рабочем трехфазном режиме с переключением в аварийный двухфазный режим с активизированным алгоритмом восстановления. В данной ситуации броски тока и момента минимальны.

На рисунке 5 для максимального значения тока в фазе В приведены временные диаграммы тока статора, частоты вращения вала и электромагнитного момента АД в рабочем трехфазном режиме с переключением в аварийный двухфазный режим с активизированным алгоритмом восстановления. Момент времени «обрыва» фазы был выбран наихудшим с точки зрения переходного процесса, броски тока и момента максимальны.

Процессы, происходящие после обрыва фазы АД, находятся в зависимости от многих

Проведенные исследования показали, что при аварийном обрыве одной из фаз трехфазного асинхронного двигателя переходный процесс будет существенно зависеть от текущего положения фазового сдвига в полупериоде тока в двух оставшихся фазах, при нулевом фазовом сдвиге тока в фазе - броски тока и момента минимальны, про фазовом сдвиге $\pm\pi/2$ радиан – броски максимальны.

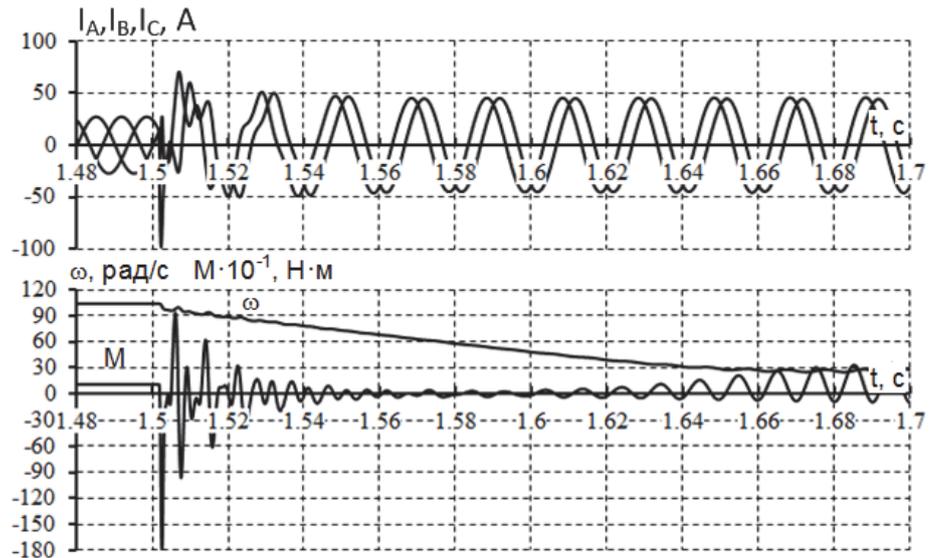


Рисунок 5 – Временные диаграммы перехода АД из трехфазного режима в двухфазный при обрыве фазы А при $t = 1,502$ с

Научный труд выполнен в рамках государственного задания НАУКА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Однокопылов, Г.И. Живучесть частотно-регулируемого электропривода / Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов // Изв. высш. учеб. заведений. Электромеханика. -2006. -№3. -С. 41-45.
- 2 Однокопылов, Г.И. Обеспечение живучести электродвигателей переменного тока: монография / Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов. -Томск: Изд-во ТПУ, 2005. -187 с.
- 3 Пат. 2326480 Российская Федерация, МПК H02H7/09, H02H7/12. Способ управления и обеспечения живучести трёх-фазного асинхронного двигателя / Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов. -№2007112527;; опубл. 10.06.08, Бюл. №16.
- 4 Столяров, Д.П. Совершенствование системы защиты и контроля технического состояния крана мостового типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.П. Столяров. -Томск: Том. архитектур.-строит. ун-т, 2010.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асинхронный электропривод, аварийный режим работы, имитационное моделирование, динамические характеристики
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Однокопылов Георгий Иванович, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
 Брагин Александр Дмитриевич, студент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
 Однокопылов Иван Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
 Столяров Дмитрий Петрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ТГАСУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ФГБОУ ВПО «ТГАСУ»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО УЧАСТКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»
 Западно-Сибирская дирекция по энергообеспечению СП ТрансЭнерго, филиал ОАО «РЖД»

Ю.В. Дронова, С.В. Коростелев, А.А. Тупкина

FORECASTING OF THE POWER CONSUMPTION OF RAILWAY TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF THE NOVOSIBIRSK SITE OF WEST SIBIRIAN RAILWAY
 «Novosibirsk state technical university»
 West Siberian Directorate for energy supply TransEnergo, branch of the «Russian Railways»
 Ju.V. Dronova, S.V. Korostelev, A.A. Tupikina

In article the model of forecasting of a power consumption which was picked up for the Novosibirsk distance of the Russian Railway is described. The model represents a combination of mathematical and expert methods.

Keywords: forecasting of a power consumption of railway transport, accuracy of models of forecasting

Рассмотрена модель прогнозирования электропотребления железнодорожного транспорта, ко-

торая была подобрана для Новосибирской дистанции РЖД. Модель представляет собой сочетание математических и экспертных методов. Точность модели 4,5%.

В условиях стабильного роста цен на электроэнергию важной задачей для ОАО «РЖД» становится оптимизация затрат на энергоснабжение. Один из возможных путей решения данной задачи это выход компании на оптовый рынок энергии и мощности (ОРЭМ). Техническим условием присоединения к ОРЭМ является наличие АСКУЭ. Для эффективной работы предприятия на рынке недостаточно организовать только учет, необходимо обеспечить планирование, прогнозирование потребления электроэнергии и создать средства для управления им. Используемые сегодня системы АСКУЭ никогда не были таким инструментом и, в связи с этим, не вполне удовлетворяют новым целям безрисковой работы на оптовом рынке электроэнергии. Учитывая все эти особенности в ОАО «РЖД» разрабатываются системы управления покупкой и потреблением электроэнергии. Ежедневно автоматическая система на основе полученных данных автоматически строит прогноз почасового потребления электроэнергии для всех точек поставки электроэнергии, введенных в систему. Для оптимизации работы в системе имеются специальные аналитические программы. Но, несмотря на множество разработок проблема точного прогнозирования для ОАО «РЖД» до сих пор актуальна [1].

На практике для прогнозирования электропотребления используют различный математический аппарат – временные ряды, нейронные сети, экспертные методы, факторные модели и др. Для предприятий со сложной структурой электропотребления необходимо сочетание разных математических моделей, как это используется в территориальных энергосистемах. Простое использование методики прогнозирования РДУ (региональных диспетчерских управлений) невозможно, по той причине, что в этой методике в качестве основы используются математические однородные методы, а факторные являются дополнением, так как доля влияния отдельных факторов на суммарное потребление незначительна. Для электропотребления железнодорожного транспорта (ЭЖДТ) влияние факторов (график движения и загрузка участков дороги, температура воздуха и производственные графики конечных потребителей) имеет гораздо больший вес, поэтому модель прогнозирования должна быть более сложной [2].

Подход к прогнозированию ЭЖДТ основан на следующих принципах:

- модель строится для отдельного участка объекта исследования в рамках территориальной энергосистемы или одного часового пояса;
- для электропотребления выбранного участка подбирается математическая модель для регулярной составляющей;
- нерегулярная составляющая электропотребления прогнозируются с учетом особенностей объекта исследования и конкретно данного участка дороги, для этого используются многофакторные модели.

Для исследования был выбран участок Новосибирской дистанции Западно-Сибирской железной дороги.

Модель прогнозирования электропотребления ЭЖДТ. При моделировании прогнозов электропотребления необходимо обозначить основные положения будущей модели:

Горизонт планирования – сутки с часовой дискретностью.

Методы статистического моделирования процессов. Для решения поставленной задачи будут использованы временные ряды, регрессионно-дисперсионный анализ в сочетании с эвристическими методами.

Статистический анализ проводился по следующим вопросам [2]:

- 1 Формирование выборки статистической информации из массива данных.
- 2 Изучение динамики процесса.
- 3 Устранение выбросов за период ретроспекции.
- 4 Ввод дополнительной информации для повышения достоверности прогнозирования и разработки статистической модели.

Формирование выборки статистической информации из массива данных. Для определения границ массива выборки использовались данные о недельном потреблении энергии. Это позволило определить границы периодов «стабильности» – периоды, когда динамика электропотребления соответствует линейному тренду. Для разработки модели прогнозирования был использован зимний период «стабильности». Таким образом, выборка составила 9 месяцев – декабрь, январь и февраль за 3 года (2009-2011 гг.).

Изучение динамики процессов. За период выборки были проанализированы графики нагрузки с часовой дискретностью. Основными видами неравномерности являются внутринедельная и внутрисуточная неравномерность. Для всех дней недели наблюдается два характерных пика утренний, вечерний, что обусловлено с большой долей бытовых потребителей, питающихся от сетей дороги. Однако для каждого дня наблюдаются различия между продолжительностью, остротой и интенсивностью пиков, поэтому нецелесообразно использовать отдельный признак дня (рисунок 1).

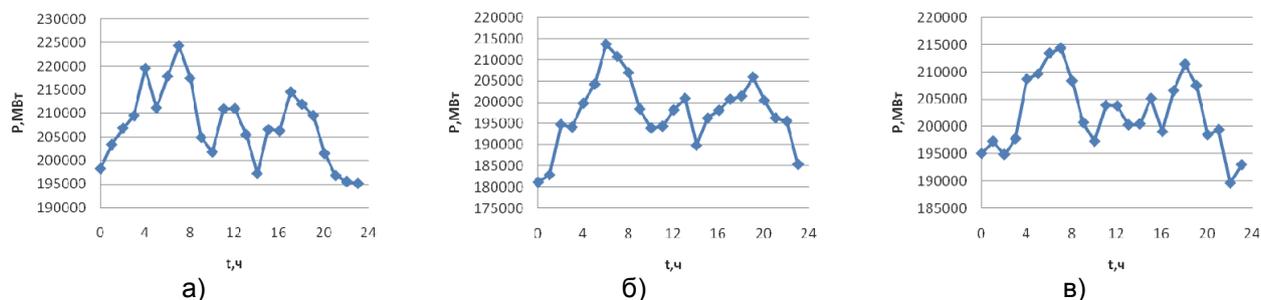


Рисунок 1 – Пример осредненных графиков нагрузки: а)-понедельник; б)-среда; в)-суббота

Таблица 1 – Погрешности модели по дням недели, %

День недели	N, число дней	Max Δ	Min Δ	Среднее Δ	Число величин Δ		
					Δ < 10%	10% < Δ < 20%	Δ > 20%
Пн	312	21,51	-17,94	6,06	255	54	3
Вт	336	24,59	-20,96	5,69	278	54	4
Ср	336	17,79	-20,95	5,74	285	51	0
Чт	336	14,89	-17,21	5,02	296	40	0
Пт	336	24,29	-29,31	6,3	259	72	5
Сб	360	19,66	-20,81	5,96	296	63	1
Вс	336	16,44	-17,09	4,95	299	37	0

По данным таблицы 1 среднее отклонение составляет 5,67%. При этом имеется достаточно большое количество значений, попадающих в интервал отклонения свыше 20%.

Второй особенностью ЭЖДТ является наличие неравномерности связанной с четностью дня (это связано с графиком движения поездов).

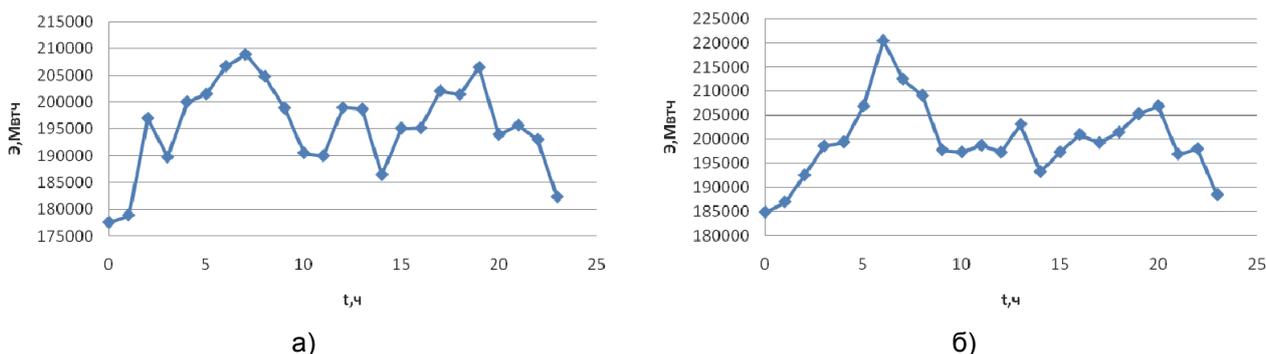


Рисунок 2 – Пример осредненных графиков нагрузки по четным и нечетным дням: а)-четная среда б)-нечетная среда

Таблица 2 – Погрешности модели с учетом четности дня, %

День недели	N, число дней	Max Δ	Min Δ	Среднее Δ	Число величин Δ		
					Δ < 10%	10% < Δ < 20%	Δ > 20%
Ср. (четная)	168	18,13	-19,13	5,64	139	29	0
Ср. (нечетная)	168	14,36	-16,51	5,47	146	22	0

Устранение выбросов за период ретроспекции. Статистика, накапливаемая в АСКУЭ, не позволяет выявить факторы, приводящие к значительным отклонениям модели, поэтому такие значения из выборки устраняются или заменяются осредненными.

Таблица 3 – Погрешности модели после устранения выбросов, %

День недели	N, число дней	Max Δ	Min Δ	Среднее $ \Delta $	Число величин Δ		
					$\Delta < 10\%$	$10\% < \Delta < 20\%$	$\Delta > 20\%$
Ср. (четная)	120	16,38	-15,34	4,45	112	8	0
Ср. (нечетная)	144	14,36	-11,29	4,784	129	15	0

Дальнейшее усложнение модели целесообразно проводить через введение поправочных коэффициентов на различные факторы среды.

Ввод дополнительных факторов для повышения точности прогноза. Нерегулярные значения электропотребления будут зависеть от многих факторов как, например проведение ремонтных работ на отдельных участках железной дороги, изменение графиков движения поездов, изменение климатических факторов, влияющих на потребление конечных потребителей и т.д. Влияние и набор этих факторов будет индивидуален по каждой тяговой подстанции (ТПС), поэтому моделирование должно происходить не по дистанции в целом, а по отдельной ТПС. Модель ТПС представляет из себя зависимость $\Delta\mathcal{E}$ от разных факторов.

Выводы. Любая модель есть упрощение реального процесса. Выбор модели это компромисс между ее точностью и сложностью. Часто сложность ограничивается принципиальными положениями (незнанием процесса, невозможность его моделирования, отсутствием информации, недостаточными возможностями математики, отсутствием программных средств расчета и пр.) и большое значение имеет тот факт, что простота модели определяет ее понимание пользователем. Чаще всего точность модели оценивается методом обратной верификации - экстраполяцией «назад» на прошедший отрезок времени. Используя скользящую верификацию за период ретроспекции можно оценить точность модели. Точность предлагаемой модели прогнозирования ЭЖДТ повышается с введением каждого дополнительного элемента:

- при выделении дней недели, средняя погрешность составляла 6%;
- при введении признака четности погрешность составляла 5,5% и 5% для одного из рабочих дней;
- при устранении аномальных дней из периода ретроспекции погрешность можно снизить до 4%.

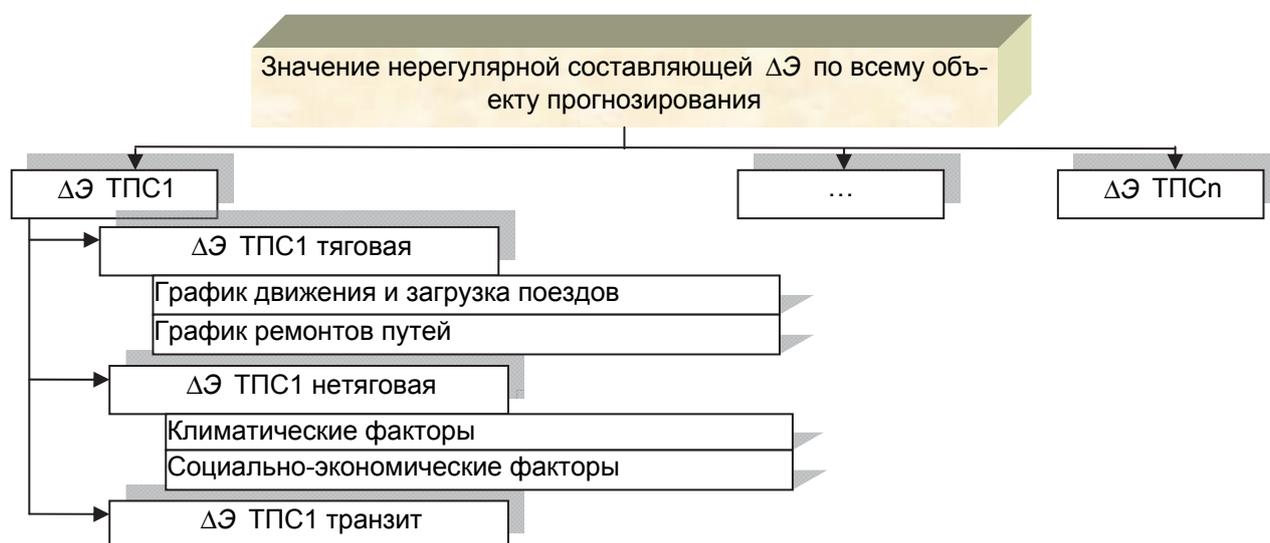


Рисунок 3 – Общая схема зависимости электропотребления от различных факторов

Дальнейшее развитие предлагаемой методики через учет особенностей ГН потребителей, потерь, перетоков и других факторов позволит еще снизить значение погрешности прогноза, но для этого необходимо создать статистическую базу факторов, которая на сегодняшний день в компании отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Моделирование и прогнозирование процессов электропотребления на железнодорожном транспорте / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков, Н.В. Раевский, Д.А. Яковлев; под ред. А.В. Крюкова. -Иркутск, 2007. -114 с. -Деп. в ВИНТИ 11.01.07, №19-В2007.
 2 Филиппова, Т.А. Модели и методы прогнозирования электроэнергии и мощности при управлении режимами энергетических систем = Models and methods of electric energy and power forecasting in power system operation management: [мо-

нография] / Т.А. Филиппова, А.Г. Русина, Ю.В. Дронова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2009. -367 с. - (Монографии НГТУ).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прогнозирование электропотребления железнодорожного транспорта, точность моделей прогнозирования
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дронова Юлия Владимировна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
 Коростелев Сергей Владимирович, начальник службы Западно-Сибирская дирекция по энергообеспечению СП ТрансЭнерго, филиал ОАО «РЖД»
 Тупикина Анастасия Алексеевна, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»
 630003, г. Новосибирск, ул. Владимировская, 21, Западно-Сибирская дирекция по энергообеспечению СП ТрансЭнерго, филиал ОАО «РЖД»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРАКТА ШИХТОПОДАЧИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

И.Ю. Краснов, Д.А. Губин

THE AUTOMATED ELECTRIC DRIVE OF A CHARGE-GIVING PATH OF A BLAST-FURNACE
 «National research Tomsk polytechnic university»
 I.Yu. Krasnov, D.A. Gubin

Ways of giving of charge materials to the blast-furnace mouth are considered: the structural description, technical features of functioning and of arrangement. The alternative way of charge-giving by vertical conveyors with rubber-rope band, equipped by flute sides and figured partitions, is presented.

Keywords: blast-furnace, path of charge-giving, skip, slanted band conveyor, vertical band conveyor, automatic electric drive

Рассмотрены способы подачи шихтовых материалов на колошник доменной печи: структурное описание, технические особенности работы и расположения. Представлен альтернативный способ подачи шихты вертикальными конвейерами с использованием резинокроссовой ленты, оснащенной гофробортами и фигурными перегородками.

Для работы доменной печи (ДП) требуется бесперебойная подача шихтовых материалов к загрузочному устройству на колошнике. К машинам, осуществляющим подачу шихтовых материалов, предъявляются весьма жесткие требования, так как любой перебой в загрузке материалов приводит к снижению производительности печи или полной остановке процесса. Таким образом, эти машины должны иметь высокую производительность, повышенную надежность при эксплуатации и обеспечивать возможность полной автоматизации процесса загрузки печи.

Применяют два основных способа подачи шихтовых материалов в ДП – скиповый и конвейерный. В первом случае все материалы подаются скипами из скиповой ямы бункерной эстакады вблизи ДП, а во втором – конвейерами из шихтовых бункеров вдали от ДП [1].

Типы конструкций подачи шихты доменной печи №5 Нижнетагильского металлургического комбината. При скиповой подаче шихты по тракту шихтоподачи доменной печи (ДП) осуществляется по скиповому подъемнику (СП) (рисунок 1а), представляющему собой

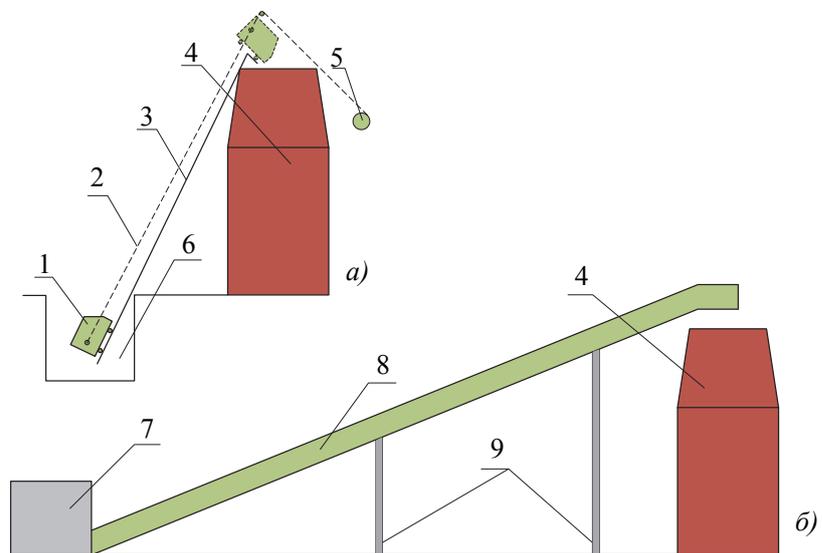


Рисунок 1 – Схемы подачи шихтовых материалов: а)-с использованием скиповых подъемников; б)-с использованием конвейера; 1-скип, 2-канат, 3-мост, 4-домна, 5-лебедка, 6-скиповая яма, 7-бункерная эстакада, 8-подъемный конвейер, 9-опоры

мост 3 с углом наклона более 50° [2]. Подъем и опускание скипов 1 происходит при помощи скиповой лебедки, имеющей барабан 5, на который наматываются и одновременно разматываются тросы 2, связанные с каждым скипом.

Время подъема (опускания) скипа обычно составляет 35-45 с, а скорость движения по мосту достигает 3-4 м/с. Скиповая лебедка работает автоматически. Загрузка скипа шихтовыми материалами осуществляется в скиповой яме 6, в которую опускают поочередно скипы 1.

Конвейерный колошниковый подъем (рисунок 1б) обеспечивает подачу материалов на колошник посредством одного наклонного ленточного конвейера 8. Материал транспортируется по резинокросовой ленте шириной до 2 м. Ленточный конвейер (ЛК) размещен в закрытой наклонной галерее, монтируемой на нескольких опорах 9 и соединяющей колошниковое устройство печи с бункерной эстакадой 7.

Угол наклона ЛК к горизонту устанавливают в пределах $10-11^\circ$. Малый угол наклона обуславливает большую длину конвейера, которая составляет 250-500 м, что обуславливает большие затраты при строительстве и замене ленты и роликкоопор. Такие ЛК целесообразно применять для ДП больших объемов, где СП не обеспечивает требуемый темп загрузки ДП.

Уровень развития современных технологий и производства позволяют существенно сократить длину непрерывно транспортирующих линий. Это стало возможным в том числе с применением конвейеров с лентами, оснащенными гофробортами (волнистые борта) и перегородками. Несмотря на ряд трудностей, возникающих при изготовлении лент с бортами и перегородками, эти ленты экономически эффективны. Ориентировочные расчеты показали, что при замене обычных лент лентами с бортами и перегородками удельная стоимость конвейера на 1 т его производительности уменьшается на 25-40 %, а стоимость транспортирования 1 т груза снижается на 25-47% [2].

Применение вертикальных конвейеров. В последнее время появилась возможность замены традиционно используемых скиповых подъемников Z-образными ленточными транспортерами [3]. Применение вертикальных конвейеров (ВК) на тракте шихтоподачи при подъеме шихты к верхнему загрузочному устройству позволит снизить эксплуатационные и капитальные затраты. При замене скипового подъемника на Z-образный ленточный транспортер система нижней загрузки не демонтируется.

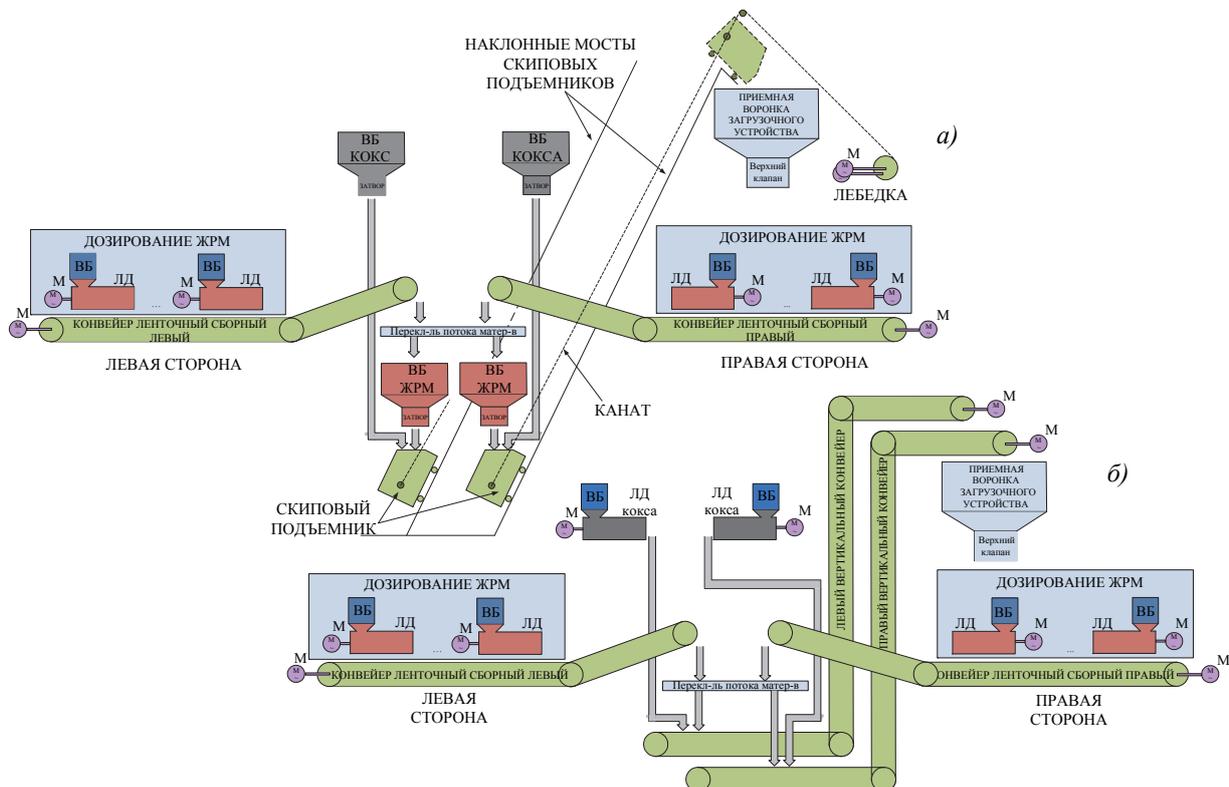


Рисунок 2 – Функциональная схема АСУ тракта шихтоподачи для ДП №5: а)-с использованием скиповых подъемников; б)-с использованием конвейера

На функциональной схеме тракта шихтоподачи для ДП №5 (рисунок 2) представлены левая и правая стороны набора порций железорудных материалов (ЖРМ) со сборными ленточными конвейерами (СЛК), ВК и ленточными дозаторами (ЛД) железорудного материала (ЖРМ) и кокса с весовыми бункерами (ВБ).

Данная система исключает использование бункеров в качестве элементов аккумуляирования материала, что способствует снижению единичной производительности и протяженности линий системы нижней загрузки. Вследствие этого отпадает необходимость в строительстве скиповой ямы, что приводит к снижению длины подъема и, следовательно, к снижению длины подъемного конвейера.

Расчёты мощностей электроприводов. На основании представленных схем и необходимых данных по ДП №5 были выполнены расчеты мощностей электроприводов и производительности ВК, СК, левого и правого СЛК при конвейерном и скиповом способах загрузки шихты. Расчет мощности произведен в программе MS Excel по методике, разработанной сотрудниками ООО НПП «ТЭК» г. Томск [4].

Расчетная мощность электродвигателя составила 69,8 кВт; Приводной барабан – 160100Ф-160.

Частота вращения привода барабана с футеровкой

$$n_6 = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_6} = 30,56 \text{ мин}^{-1},$$

где v – линейная скорость перемещения, $v = 1,6$ м/с;

D_6 – диаметр барабана, $D_6 = 1,4$ м.

Требуемое передаточное число привода

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_6} = 48,43,$$

где $n_{\text{дв}}$ – частота вращения вала электродвигателя, $n_{\text{дв}} = 1480$ мин⁻¹.

Отношение моментов статической нагрузки

$$m = \frac{M_{\text{С.б}}^{\text{аруз}}}{M_{\text{С.дв}}^{\text{пуст}}} = 5,47,$$

где $M_{\text{С.б}}^{\text{аруз}}$ – расчетный статический момент на приводном барабане при загруженной ленте,

$$M_{\text{С.б}}^{\text{аруз}} = 21833 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$M_{\text{С.дв}}^{\text{пуст}}$ – расчетный статический момент на валу асинхронного двигателя (АД) при отсутствии материала на ленте, $M_{\text{С.дв}}^{\text{пуст}} = 3991 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Выбор электродвигателей. По расчётной мощности был выбран мотор-редуктор вертикального конвейера K187 DV 280 S4-F/BMG, электродвигатель сборных конвейеров DV 250 M4, электродвигатель привода роторного распределителя АИР 200 L4 и электродвигатель верхнего загрузочного устройства АИР 63 В4. Электродвигатель оборудован встроенным электромагнитным дисковым пружинным тормозом с катушкой постоянного тока BMG122, который освобождается электрическим способом, а налагается усилием пружин. Таким образом, скорость движения ленты

$$v_x = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n}{60} = 1,78 \text{ м/с},$$

где n – частота вращения выходного вала редуктора, $n = 33$ мин⁻¹.

Выбор преобразователей частоты. Выбор преобразователей частоты (ПЧ) осуществлялся для регулируемых асинхронных электроприводов конвейеров и роторного распределителя по условию

$$I_{\text{п.ПЧ}} \geq I_{\text{л.АД}},$$

где $I_{\text{п.ПЧ}}$ – пусковой ток ПЧ;

$I_{\text{л.АД}}$ – ток, потребляемый АД при линейном разгоне.

Условию удовлетворили ПЧ фирмы Danfoss серии VLT AutomationDrive FC302.

Разработка функциональной схемы автоматизированной системы управления трактом шихтоподачи и верхней загрузки доменной печи. Загрузка доменной печи выполняется в два этапа: дозирование и транспортировка; подъем шихтовых материалов к колошнику доменной печи и распределение шихты по колошнику. Первый этап осуществляется посредством использования тракта шихтоподачи, второй – с помощью верхней системой за-

грузки – бесконусным роторным загрузочным устройством (БРЗУ). Функциональная схема автоматизированной системы управления (АСУ) верхней загрузкой доменной печи и трактом шихтоподачи представлена на рисунке 3.

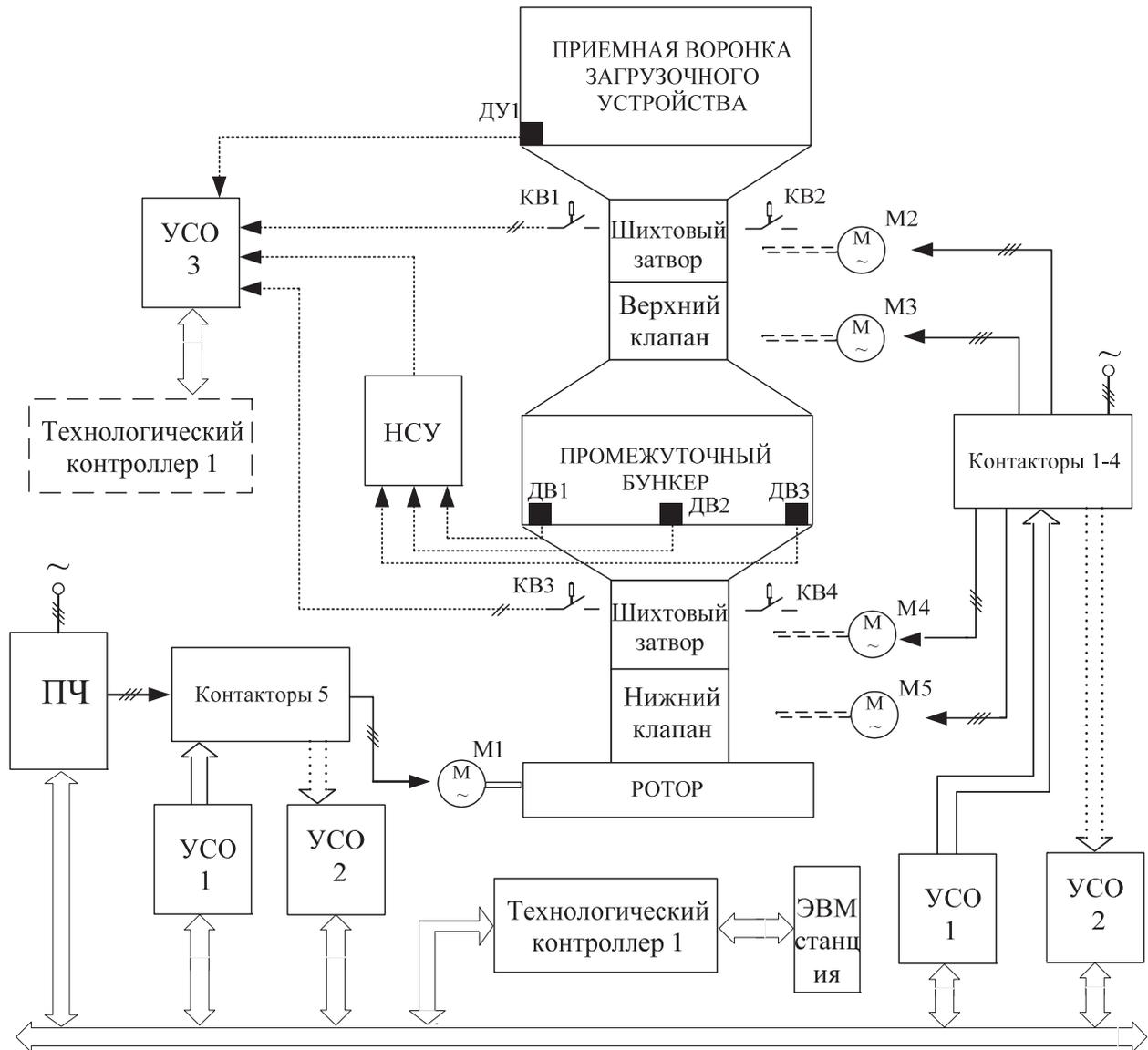


Рисунок 3 – Функциональная схема АСУ бесконусного роторного загрузочного устройства

Управление технологическим процессом загрузкой БРЗУ выполняется с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК) (технологический контроллер 1). Управление скоростью вращения ротора БРЗУ осуществляется электродвигателем М1 от ПЧ. Управление силовыми цепями электродвигателей реализуется с помощью устройств сопряжения с объектом (УСО1), а контроль состояния – УСО2. Сбор сигналов с датчиков состояния клапанов осуществляется через УСО3. Работа клапанов осуществляется посредством управления электродвигателями М3 и М5. Концевые выключатели KV1-KV4 сигнализируют состояние клапанов системе управления (СУ). Датчик уровня материала фиксирует наличие материала в приемной воронке ЗУ. Измерение массы материала в промежуточном бункере выполнено на трех датчиках веса ДВ1-ДВ3, сигналы которых сравниваются и передаются технологическому контроллеру нормирующим суммирующим устройством (НСУ).

Разработка алгоритма работы системы управления шихтоподачи и верхней загрузкой доменной печи. Работа системы управления построена на двух алгоритмах. Первый осуществляет управление оборудованием тракта шихтоподачи, второй – загрузочным устройством. СУ тракта шихтоподачи должна поддерживать следующие режимы работы оборудования: дозирование шихтового материала в соответствии с циклограммой работы оборудования; последовательный запуск ленточных конвейеров: сначала – ВК, затем – СЛК.

Запуск конвейеров на пониженной скорости производится со следующим допущением: на лентах конвейеров нет материала. Начало работы тракта – правый вертикальный конвейер (ВКп) выводится на номинальную рабочую скорость. Дозирование кокса начинается только после разгона ВКп. После того как 80% кокса отгружено, разгоняется СЛК и, соответственно, ВКл до номинальной рабочей скорости. Дозирование ЖРМ также начинается только после разгона СЛК и ВКл. Как только набрана масса кокса, дозирование кокса прекращается. Далее необходимо снизить скорость ленты ВКп до нижнего значения при условии, что на ленте ВКп нет материала ($ДНМ1=0$). Аналогично происходит и при дозировании ЖРМ. Только при завершении дозирования ЖРМ и пустой ленте ($ДНМ3=0$) СЛК переводится на нижнее значение скорости. Далее производится вывод ВКп на номинальную рабочую скорость и начало дозирования кокса. После того как на ВКл закончился подъем ЖРМ ($ДНМ2=0$), он переводится на нижнее значение скорости ленты. Так как ВКп запущен и транспортирует кокс, то следующим шагом работы оборудования будет вывод СЛК на рабочую скорость движения ленты при условии, что 80% кокса отгружено. Далее цикл повторяется.

СУ открывает верхний клапан включением электродвигателя МЗ. При этом расположенные на механизме МЭП концевые выключатели, изменяя свое состояние, сигнализируют системе управления о полном открытии верхнего клапана, и система отключает электродвигатель МЗ. Происходит загрузка промежуточного бункера до момента, пока не сработает датчик уровня, сигнализирующий СУ об опорожнении загрузочной воронки, что исключит превышение критической массы материала в бункере. После этого система закрывает верхний клапан до момента, пока сигналы с тех же концевых выключателей не изменят свое состояние на первоначальное, и запускает электродвигатель распределителя до фиксированной скорости в соответствии с программой загрузки ДП. После этого система открывает нижний клапан (М5) по алгоритму, изложенному для верхнего клапана. СУ формирует сигнал на электропривод распределителя, который в свою очередь вращает механизм распределителя с заданной скоростью.

Заключение. Приведенные в статье результаты были получены при проведении исследований по реконструкции ДП №5 Нижнетагильского металлургического комбината, выполненных на базе технических решений ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ». Рассмотрены способы подачи шихтовых материалов на колошник доменной печи. Отмечены положительные и отрицательные стороны каждого из способов загрузки. Весьма актуальным выделено применение вертикальных конвейеров и непрерывных механизмов в поточно-транспортных системах, позволяющих полностью автоматизировать техпроцесс, уменьшить количество ступеней и длину технологической линии.

Благодаря применению вертикальных конвейеров общая номинальная мощность электроприводов снизилась на 730 кВт, что составляет 80% от применяемого в настоящее время оборудования. Система подачи шихты с применением тракта шихтоподдачи конвейерного типа превосходит систему с трактом шихтоподдачи скипового типа в меньшей энергоемкости и высокой доле автоматизации процесса. Более того, транспортировка материала, исключая его пересыпание с одного бункера в другой, позволяет уменьшить процент измельчения гранул агломерата и кокса.

Выбранное оборудование для АСУ тракта шихтоподдачи и бесконусным роторным загрузочным устройством, работающих в режиме «догона меры», обеспечило безотказную работу, а разработанный алгоритм работы АСУ – требуемую производительность системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авдеев, В.А. Основы проектирования металлургических заводов / В.А. Авдеев, В.М. Дряун, Б.И. Кудрин. -М.: Интернет Инжиниринг, 2002. -464 с.
- 2 Техническая документация реконструкции доменной печи №5 Нижнетагильского металлургического комбината. - Екатеринбург: Гипромез.
- 3 Пертен, Ю.А. Конвейерные системы. Ч.1: справочник / Ю.А. Пертен. -СПб.: Професионал, 2008. -624 с.
- 4 Удут, Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч.8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учеб. пособие / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин. -Томск: Изд-во ТПУ, 2010. -448 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: доменная печь, тракт шихтоподдачи, скиповый подъемник, наклонный ленточный конвейер, вертикальный ленточный конвейер, автоматизированный электропривод
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Краснов Иван Юрьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
Губин Даниил Александрович, магистрант ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ»

АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННО-НАПЫЛЕННЫХ СЛОЕВ НА ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ПОДЛОЖКАХ

Омский институт водного транспорта, филиал ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Т.В. Гоненко, В.Ф. Хацевский, Т.А. Толашко

THE ANALYSIS OF A THERMAL CONDITION OF ELECTROHEATERS ON THE BASIS OF LAYERS COVERED BY PLASMA ON HEATWIRE SUBSTRATES

Omsk institute of water transport, branch «Novosibirsk state academy of water transport»
«Novosibirsk state academy of water transport»
T.V. Gonenko, V.F. Khatsevskiy, T.A. Tolashko

The mathematical thermal model of a flat film heating element covered by plasma and results of the numerical method, used for the decision of the equations of carry of heat are considered in this article. The analysis of a thermal mode of a heater is made.

Keywords: plasma spraying, flat electroheater, thermal model, factor of heat conductivity, substrate

Рассмотрена математическая тепловая модель плоского пленочного плазменно-напыленного нагревательного элемента и результаты численного метода решения уравнений теплопереноса. Произведен анализ теплового режима нагревателя.

Высокая надежность и работоспособность плоского плазменно-напыленного нагревательного элемента [1, 2] во многом зависит не только от неравномерности и неоднородности состава наносимых пленочных покрытий, но и от распределения электромагнитного и температурного полей.

Задачей становится нахождение нестационарного температурного поля в многослойной структуре нагревателя при задании как общего количества тепла, выделенного в нагревателе, так и равномерного пространственного распределения источников тепла в тепловыделяющем слое. По условиям эксплуатации нагревательный элемент помещен в воздушную среду атмосферного давления или водную среду с вертикальной или горизонтальной ориентацией и является частью плоской нагревательной системы.

При принятых упрощениях [3] модель нагревательного элемента может быть представлена как совокупность тонких слоев. На границах каждого слоя необходимо поставить или условия сопряжения, описывающие тепловой контакт между слоями, или условия теплообмена со средой для открытых поверхностей. Теплообмен с внешней средой осуществляется посредством свободной или вынужденной конвекции (конвективный теплообмен).

При исследовании тепловых режимов работы плоского пленочного нагревателя взяты широкие диапазоны изменения геометрических и теплофизических параметров всех элементов многослойной структуры:

- коэффициент теплопроводности подложки изменяется в пределах $\lambda = 20-200$ Вт/(м²·К);
- коэффициент теплоотдачи α изменяется в диапазоне:
 - для воздуха 20 Вт/(м²·К);
 - для масла 80-180 Вт/(м²·К);
 - для воды 1200 Вт/(м²·К);
- толщина подложки изменяется в диапазоне от $\delta = 1-6$ мм;
- ширина между дорожками резистивного слоя нагревателя изменяется $d = 10-50$ мм.

Как показали расчеты, в приведенном диапазоне изменения параметров температурное поле резистивного слоя дублирует распределение температуры в подложке с погрешностью не более 5%. Поэтому анализ теплового режима нагревателя с требуемой точностью можно проводить по распределению температуры по ширине подложки.

На рисунке приведены результаты численного исследования режимных параметров многодорожечных плоских нагревателей в виде зависимости относительной мощности нагревателя $\bar{q}_v = Q / [\lambda T_{cp} (d/2)]$ от числа Био $Bi = [\alpha (d/2)] / \lambda$ при различных коэффициентах теплоотдачи α (масло, воздух) и коэффициентах теплопроводности λ (алюминий, латунь, сталь), при различных значениях толщин подложки и расстояниях между резистивными дорожками d .

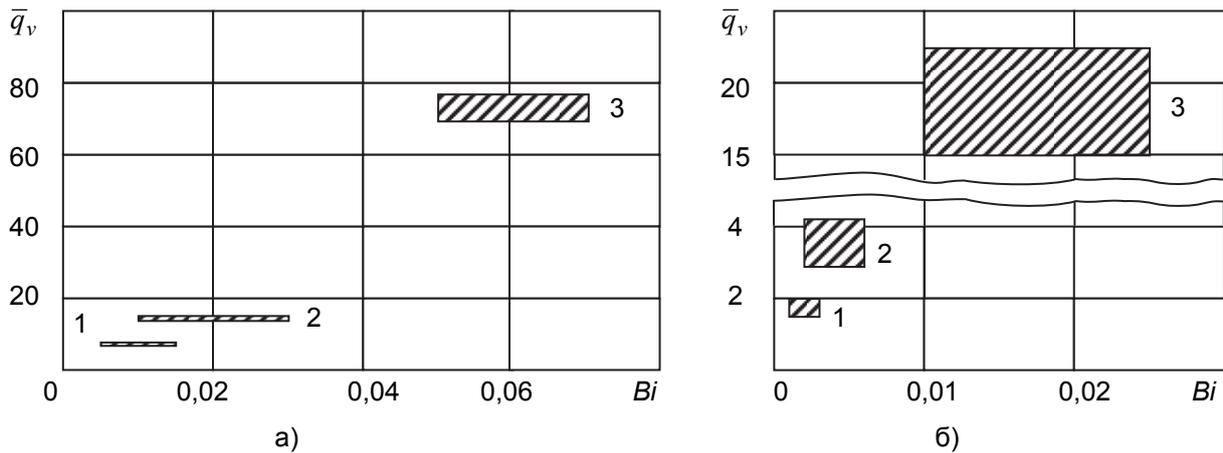


Рисунок 1 – Зависимость $\bar{q}_v = f(Bi)$ при $T_{\max} = 100\text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta T/T_{\max} = 0,1$: а)-в масле; б)-на воздухе; 1-алюминиевая подложка; 2-латунная подложка; 3-стальная подложка

Данные графики получены при соблюдении следующих условий оптимальности:

1 Удельная поверхностная мощность нагревателя для выбранных материалов подложки одинакова.

2 Относительный перепад температур по ширине подложки равен $\Delta T/T_{\max} = 0,1$. Максимальная температура нагревателя составляет $T_{\max} = 100\text{ }^\circ\text{C}$.

3 Отношение активной мощности нагревателя к его ширине величина постоянная и составляет:

- для воздуха $3 \cdot 10^3$ Вт/м;
- для масла $14 \cdot 10^3$ Вт/м.

4 Отношение активных мощностей нагревателя для выбранных материалов постоянно и равно:

- латунь/сталь 2,1-2,2;
- алюминий/сталь 2,8-3,0.

Из рисунка видно, что увеличение коэффициента теплопроводности подложки приводит к интенсификации отвода теплоты из области резистивного слоя и вызывает:

а) выравнивание поля температур в подложке;

б) понижение уровня температуры в омическом слое, что обеспечивает возможность увеличения абсолютной мощности нагревательных элементов, повышая их среднюю удельную мощность при сравнительно невысокой температуре токонесущего слоя.

При расстояниях между резистивными слоями при параллельном расположении не более 2 и толщинах подложки не менее 3 мм обеспечиваются условия работы нагревателя, близкие к идеальному нагревателю с $\Delta T/T_{\max} = 0,1$. Изготовление подложки из алюминия или латуни позволяет снизить значения толщины подложки и обеспечить выполнение нагревателей с большой удельной поверхностной мощностью.

Зависимости, представленные на рисунке 1 и условия оптимальности, положены в основу разработки инженерной методики расчета нагревателей, так как эти характеристики являются ограничениями, полученными численным методом, совпадающим с экспериментом.

Результаты исследования нагревателей с керамической подложкой показали, что получить температурное распределение в резистивном слое и подложке, имеющих требуемую равномерность, невозможно. Поэтому при использовании керамической подложки необходимо выполнять нагреватель таким образом, чтобы напыленный резистивный слой покрывал всю рабочую поверхность нагревателя. Только в этом случае обеспечивается равномерное поле температур и понижается уровень термических напряжений, разрушающих напыленный слой. Подобная конструктивная особенность нагревателей с керамической подложкой указывает на то, что при одинаковом уровне предельной рабочей температуры они должны обладать меньшей удельной поверхностной мощностью, чем нагреватели с металлической подложкой.

Как показали исследования распределения температуры в металлической подложке с учетом зависимости от толщины электроизоляционного слоя, изменение температурного

поля как подложки, так и резистивного слоя не превышает 1-2%. Это позволяет в тепловой задаче рассматривать систему без учета электроизоляционных слоев, выполненных из Al_2O_3 , с выделением двух тонких пластин: резистивный слой и теплопроводная подложка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Плазменное нанесение резистивных слоев ленточного электронагревателя / А.А. Ершов, Э.К. Урбах, В.А. Фалеев, В.С. Чередниченко // Физика низкотемпературной плазмы: материалы конф. / Петрозавод. гос. ун-т. -Петрозаводск, 1995. -Ч.3. -С. 409-411.
- 2 Создание низкотемпературного нагревателя методом плазменного напыления / А.С. Аньшаков, А.М. Казанов, Э.К. Урбах, В.А. Фалеев // Физика и химия обраб. материалов. -1998. -№3. -С. 56-61.
- 3 Гоненко, Т.В. Электронагрев жидкостей и газов в плазменно-напыленных нагревательных системах / Т.В. Гоненко. - Павлодар: Полиграфдизайн, 2004. -139 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *плазменное напыление, плоский электронагреватель, тепловая модель, коэффициента теплопроводности, подложка*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Гоненко Татьяна Владимировна, канд. техн. наук, доцент ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Хацевский Владимир Филатович, докт. техн. наук, профессор ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *Толашко Татьяна Алексеевна, старший преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
644043, г. Омск, ул. Ивана Алексеева, 4, ОИВТ, филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»
63099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, филиал ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

М.А. Павленко

SMART GRID TECHNOLOGY APPLICATION FOR NORMALIZATION OF LEVELS OF TENSION IN SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF RAILWAY TRANSPORT

Trans-Baikal institute of railway transport, branch «Irkutsk state university of means of communication»

M.A. Pavlenko

The main directions of introduction of elements of the intellectual smart grid networks on railway transport are offered. The created algorithm of switching of devices of compensation of the jet capacity is applied, allowing qualitatively to improve tension levels, to prolong term of operation of the capital power equipment and to predict consumption of traction and not traction loadings.

Keywords: levels of tension, systems of power supply of railway transport

Предложены основные направления внедрения элементов интеллектуальных сетей smart grid на железнодорожном транспорте. Применен созданный алгоритм коммутации устройств компенсации реактивной мощности, позволяющий качественно улучшить уровни напряжения, продлить срок эксплуатации основного энергетического оборудования и прогнозировать потребление тяговых и нетяговых нагрузок.

Вектор развития энергетической стратегии компании ОАО «РЖД» [1] направлен на коренное улучшение структуры управления энергетическим комплексом с использованием современных информационных технологий и недопущение развития кризисных ситуаций в энергообеспечении железнодорожного транспорта.

Совершенствование компьютерных технологий в последние десятилетия, закономерно привело к их внедрению во многие сферы человеческой деятельности. Если поначалу, они выполняли функцию печатного и расчетного устройств, то в последнее время стали частью автоматических систем способных самостоятельно принимать решения по отдельным видам деятельности.

Применение интеллектуальных современных технологий просто необходимо в системах электроснабжения железнодорожного транспорта (СЭЖТ), которым присуща резко переменная нагрузка в широком диапазоне изменения, а так же тесная связь и взаимовлияние через трехобмоточный трансформатор смежных систем электроснабжения. Это требует постоянного мониторинга параметров систем и адекватной реакции на сложившуюся ситуацию, что не всегда представляется возможным из-за огромного массива данных требующего

анализа при принятии решения. Ввиду сложных взаимосвязей систем внешнего (СВЭ) и тягового электроснабжения (СТЭ), велика вероятность принятия ошибочных действий в нестандартных ситуациях, из-за человеческого фактора, процент которых год от года только увеличивается. Учитывая состояние и изношенность электроэнергетического оборудования в нашей стране, для которого перегрузки очень опасны, внедрение таких технологий крайне необходимо. Данные проблемы могут быть решены с помощью интеллектуальных активно-адаптивных сетей Smart Grid (SG), что в переводе означает умная энергетика.

Преимущества систем SG применительно к СЭЖТ можно описать следующими концепциями:

- наличие большого количества «умных» датчиков, измеряющих текущие режимные параметры в системах электроснабжения (в том числе и на электроподвижном составе (ЭПС));
- решение проблем небаланса энергии (ввиду большого числа элементов имеющих нелинейные характеристики);
- высокое быстродействие управляющей системы и информационного обмена данными;
- способность к восстановлению;
- поддержка технического состояния оборудования на требуемом уровне посредством идентификации рисков;

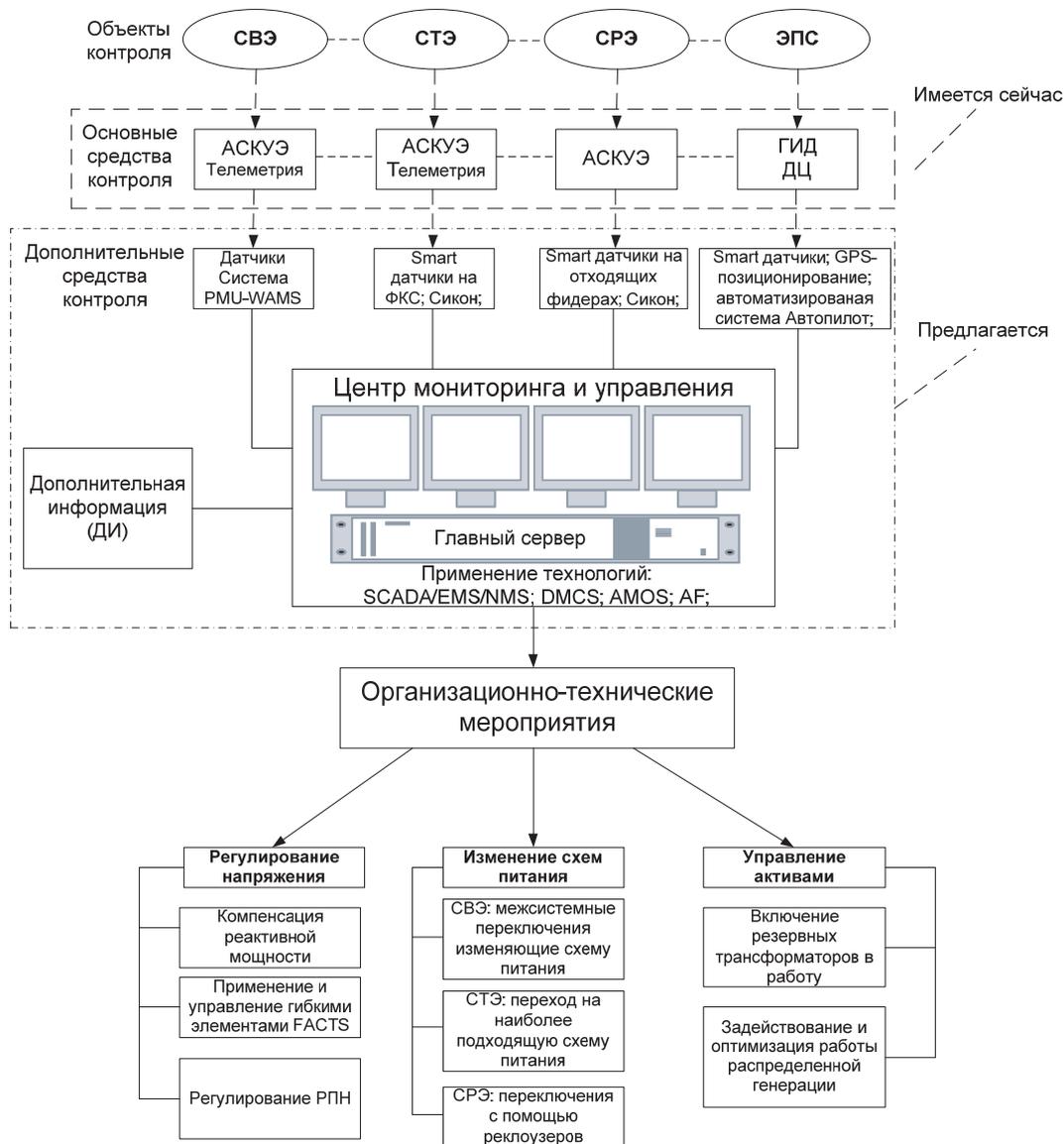


Рисунок 1 – Принцип действия SG в СЭЖТ: СВЭ-система внешнего электроснабжения; СТЭ-система тягового электроснабжения; СРЭ-система районного электроснабжения; ГИД-график исполненного движения; ДЦ-диспетчерская централизация; ЭПС-электроподвижной состав; PMU-WAMS-Система глубокого эквивалентирования внешней сети, мониторинга переходных процессов

Данная технология позволяет уйти от жесткого диспетчерского управления и по-новому подходить к построению электрических сетей, переходя от прямой структуры «генерация-сеть-потребитель» к более гибкой, в которой каждый узел сети может являться активным элементом. При этом интеллектуальная сеть в автоматическом режиме производит переконфигурацию при изменении условий [2].

Функционально интеллектуальные сети условно можно разделить на три составляющие:

1 Аппаратно-информационная. Система учета и измерений (smart датчики, система АСКУЭ, устройства сбора и передачи данных Сикон);

2 Программно-аналитическая. Система приема, анализа и обработки данных, а так же принятия решений (SCADA; DMCS; AMOS; AD);

3 Организационно-управленческая. Система регулирования параметров системы (включение активов, управление распределенной генерацией и т.д.).

Принципиальная схема работы сетей SG применительно к СЭЖТ представлена на рисунке 1. Особенностью такой организации управления энергетическими системами в целом и системами электроснабжения железнодорожного транспорта в частности, является оперативность, адаптивность и способность классифицировать управляющие сигналы. Установка же дополнительных датчиков, позволит с еще большей точностью оценивать и предугадывать режимы работы систем электроснабжения для принятия оптимального решения по их управлению, а так же отслеживать такие процессы как перетоки мощности и уравнительное токи. В качестве дополнительной информации могут выступать данные о ремонтных работах на ВЛ, «окнах» на железнодорожном транспорте, климатические условия и т.д.

На рисунке 2 представлена структурная схема СЭЖТ и перечислены возможные средства регулирования режимов, от привычных до перспективных.

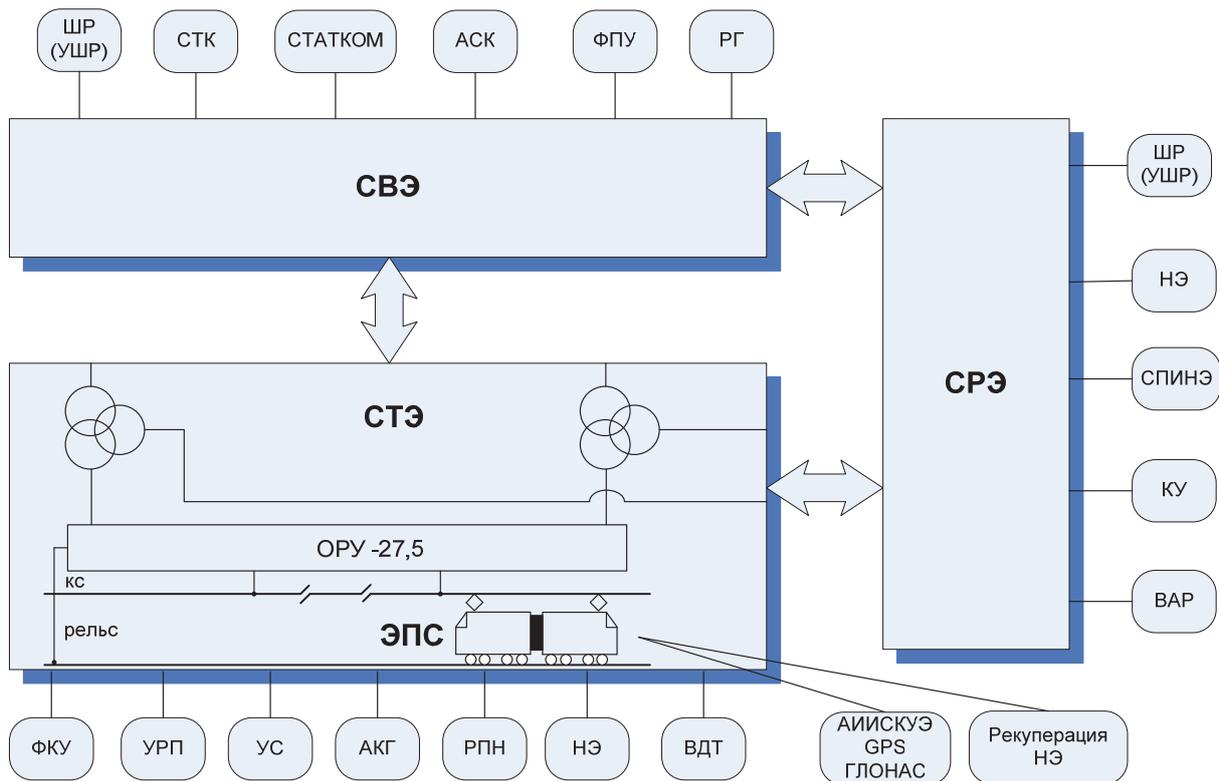


Рисунок 2 – Структурная схема СЭЖТ и средства регулирования ее режимов: УШР-управляемые шунтирующие реакторы; СТК-статические тиристорные компенсаторы; СТАТКОМ-статические компенсаторы реактивной мощности на базе преобразователя напряжения; АСК-асинхронизированные компенсаторы; ФПУ-фазоповоротные устройства; РГ-распределенная генерация; ФКУ-фильтрокомпенсирующие устройства; УРП-устройства раздела питания; УС-устройства симметрирования; АКГ-активные конденсаторы гармоник; РПН-устройство регулирования напряжения под нагрузкой; НЭ-накопители энергии; ВДТ-вольтодобавочные устройства; СПИНЭ-сверхпроводниковые индуктивные накопители энергии; ВАР-вакуумно-автоматические реклоузеры

В восточной части нашей страны основная системообразующая электрическая сеть непосредственно связана с тяговыми подстанциями железнодорожной магистрали. Это обстоятельство приводит к необходимости учитывать особенности электротяговых нагрузок при разработке методов и средств технологического управления электроэнергетическими системами [3].

Традиционно для компенсации избыточной реактивной мощности используются шунтирующие реакторы. Однако несогласованная работа данных устройств и некорректный алгоритм включения отключения приводит к перегреву тяговых трансформаторов и повышенному уровню напряжения в контактной сети.

Внедрение же технологии Smart Grid благодаря оперативности и многофункциональности позволит устранить данную проблему и продлить срок эксплуатации основного энергетического оборудования на подстанциях. На рисунке 3 представлен алгоритм работы сетей Smart Grid при внедрении в СЭЖТ. Особенностью алгоритма является применение конкурирующих процессов поиска решения. С помощью контрольных датчиков и других средств измерений ведется мониторинг сразу в трех системах: СВЭ, СТЭ и СРЭ.

Внедрение технологий SG в системах электроснабжения железнодорожного транспорта позволит добиться следующих результатов:

- эффективная стабилизация уровней напряжения в СЭЖТ, за счет внедрения новых алгоритмов управления устройствами компенсации реактивной мощности;

- снижение отрицательного влияния человеческого фактора на качество управления сложным энергетическим комплексом;

- синхронизация параметров электрических режимов в различных системах и интеллектуально-аналитической обработки результатов;

- прогнозирование потребления тяговой и нетяговой электрических нагрузок благодаря качественному и надежному каналу обратной связи и как следствие снижение количества и как следствие снижение количества коммутаций высоковольтного оборудования;

- диагностика и поддержание технического состояния основного электроэнергетического оборудования на требуемом уровне посредством идентификации рисков;

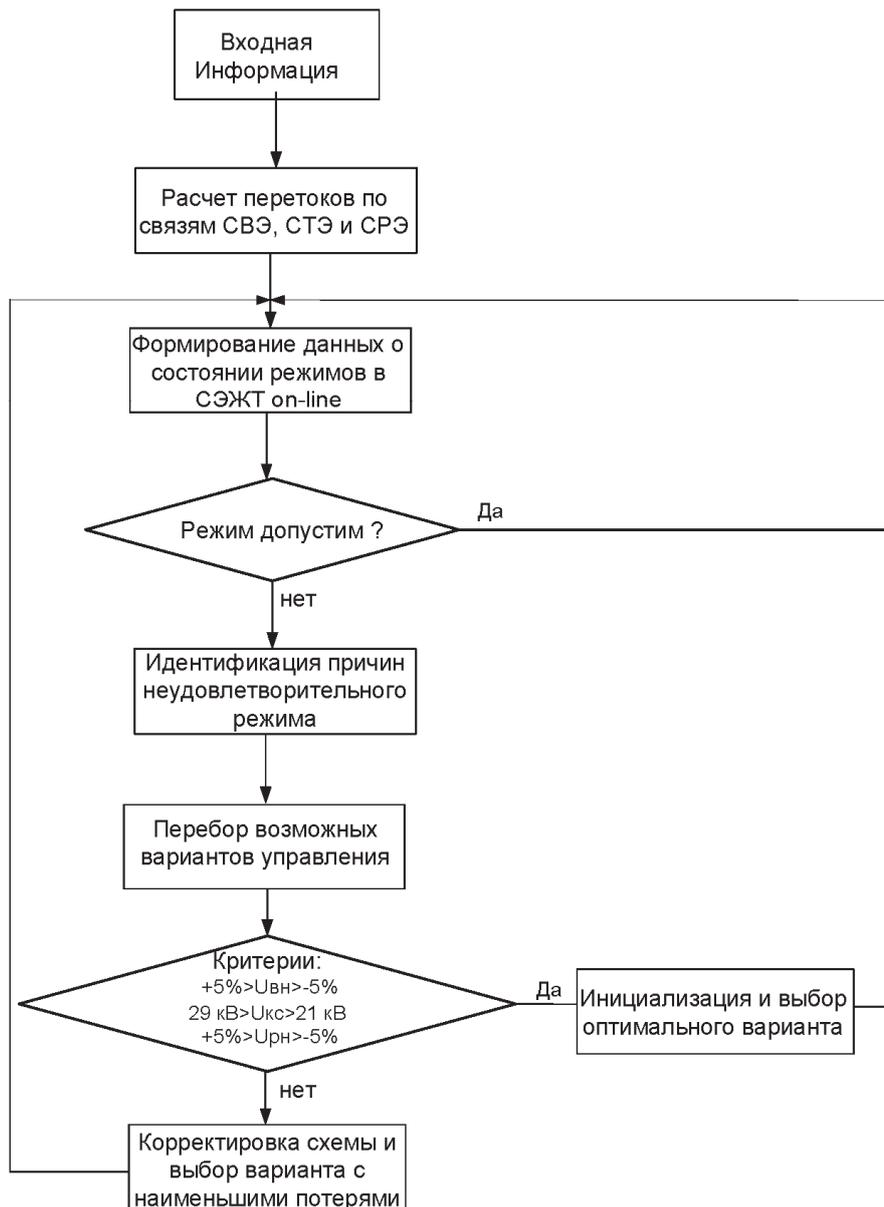


Рисунок 3 – Алгоритм работы сетей Smart Grid при внедрении в СЭЖТ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Об энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2010 года и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение ОАО «РЖД» от 11 февр. 2008 г. №269р. -Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=538311;frame=800>.

2 Интеллектуальные сети (Smart Grid) и энергоэффективность // Материалы конференции компании «General Electric», Москва, 11 февр. 2010 г.

3 Zakaryukin, V.P. Electro energetic technological control in Eastern Siberia Railway / V.P. Zakaryukin, A.V. Kryukov, N.A. Abramov // JEPE. J. of energy and power eng. -2012. -Vol.6, №2. -P. 293-299.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уровни напряжений, системы электроснабжения железнодорожного транспорта
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Павленко Максим Александрович, ассистент ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 672040, г. Чита, Магистральный переулок, 11, ЗаБИЖТ, филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС»

ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Л.А. Шеромов

RESEARCHES ANALYTICAL SOLUTIONS OF THE MAXWELL
 «Novosibirsk state academy of water transport»
 L.A. Sheromov

With the help of the software package Maple symbolic mathematics received special analytical solution of differential equations of Maxwell. Identified in a closed space, functioning entity formed by an electromagnetic field. Given an initial analysis of the properties of this object and its internal structure. The facility is intended to classical (the quantum) model of the photon.

Keywords: Maxwell equation, model of a photon, the decision

С помощью пакета программ символьной математики Maple получено частное аналитическое решение системы дифференциальных уравнений Максвелла. Выявлен замкнутый в пространстве, функционирующий объект, образованный электромагнитным полем. Дан первоначальный анализ свойств этого объекта и его внутренней структуры. Объект претендует на классическую (не квантовую) модель фотона.

Несколько лет назад о полном или хотя бы достаточно подробном решении уравнений Максвелла не могло быть и речи. Попытки, конечно, были, но дальше фразы: «Будем искать решение в таком-то виде» – дело не шло. Но и на этом пути были объяснены многие явления природы электромагнитного поля. Теперь, благодаря бурному развитию языков программирования, стала доступна, так называемая символьная математика. То есть, появились программные продукты, позволяющие оперировать с математическими символами так же, как они пишутся человеком. И при этом использовать весь аппарат преобразований написанных выражений: приведение подобных членов, раскрытие скобок и многое другое. В том числе использовать и все известные способы аналитического решения дифференциальных уравнений, причем, весьма квалифицировано, с учетом многих тонкостей и нюансов, возникающих в этом непростом процессе.

Для решения системы уравнений Максвелла использована лицензионная версия программного продукта символьной математики – Maple 11, выпускаемого Канадской фирмой Waterloo Maple.

Любые формулы, полученные при исследованиях этой проблемы можно свободно получить в первоизданном виде (файлы Maple), обратившись к автору по электронной почте sheromov@inbox.ru, но для их прочтения необходимо иметь установленную на компьютере программу Maple любой версии. Это связано с тем, что формулы, выданные компьютером, чрезвычайно громоздки и поэтому совершенно непригодны для визуального анализа (некоторые из них занимают несколько страниц).

Итак, система уравнений Максвелла для пустого пространства и в отсутствии токов и зарядов, в наиболее компактном виде, выглядит так

$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} H = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t}; \quad (2)$$

$$\operatorname{div} H = 0; \quad (3)$$

$$\operatorname{div} E = 0. \quad (4)$$

В этих уравнениях E и H напряженности электрического и магнитного полей, c – электродинамическая постоянная (скорость света).

В виде, расписанном по координатам, получится восемь уравнений для проекций векторов электрического и магнитного поля как функций координат и времени. Эти проекции и надо найти, решив систему линейных дифференциальных уравнений первого порядка

Решить систему восьми дифференциальных уравнений в частных производных – дело далеко не простое, поэтому первоначально сформулируем цель, которую мы будем пытаться достигнуть. Понятно также, что такая система будет иметь множество частных решений, некоторые из которых уже получены и доведены до практического применения. Отметим только одно, широко известное частное решение, которое использует функцию

$$Ez = A \cos(x - ct). \quad (5)$$

Такая же формула использована и для H_y . Остальные проекции равны нулю. Здесь обозначения общеизвестны. Это решение удовлетворяет приведенной выше системе уравнений и получено давно [4, 5]. Отсюда появились радиоволны. Но осталась проблема корпускулярно-волнового дуализма, когда некоторые явления, обусловленные электромагнитным излучением, не могут быть объяснены его волновой природой. Например, фотоэффект и эффект Комптона. Кроме этого волновая теория имеет множество нерешенных или замалчиваемых проблем. Например, делаются небольшие допущения, и уравнения Максвелла переходят в трехмерное волновое дифференциальное уравнение, одним из решений которого являются пространственные поперечные волны. Далее из них выделяются плоские, монохроматические волны и т.п., а затем развивается теория электромагнитного излучения, и даются объяснения природных эффектов интерференции, поляризации и т.д. Но волновое уравнение решается без граничных условий, что приводит исследователей к непреодолимым трудностям ограничения электромагнитных колебаний в пространстве. Например, принцип Гюйгенса, успешно применяемый для волн в непрерывной среде, также применяется и для объяснения дифракции света, огибания непрозрачных предметов. С другой стороны вся геометрическая оптика, лучи света, лазеры «игнорируют» этот принцип, не образуя вторичных волн в вакууме (практически, в воздухе).

По этому поводу стоит привести цитату из «Теоретической физики» Макса Планка [1]: «...относительно распространения испускаемого светового кванта в свободном пространстве мы оказываемся перед следующей трудной дилеммой: либо распространение происходит по всем направлениям, как по волновой теории Максвелла, с постоянно прогрессирующим уменьшением плотности энергии, тогда на большом расстоянии от точки испускания света невозможно квантовое поглощение (глаз не увидит далекие звезды на небе – прим. автора). Либо распространение происходит, как по теории ... Ньютона, так, что испускаемый квант не распадается и подобно выпущенной пуле всегда сохраняет определенное направление. Но тогда непонятно происхождение интерференции между различными лучами, между тем как опытные факты и закономерности для такого рода интерференции совершенно бесспорно установлены...» написано в 1923 году.

Поэтому поставлена цель попробовать найти корпускулу электромагнитного излучения на основе отрывшихся новых возможностей компьютерных программ символьной математики. Но такую корпускулу, которая имела бы и волновые свойства, позволяющие объяснить волновые эффекты типа интерференции и т.п.

Эта цель в некоторой мере обосновывается, если рассмотреть логику доказательства возможности самостоятельного существования электромагнитного излучения без постоянного поступления энергии. Эта логика известна [4, 5], но пришлось несколько изменить принятую последовательность и взять не движущуюся плоскость, а одиночный проводник с током (рисунок 1).

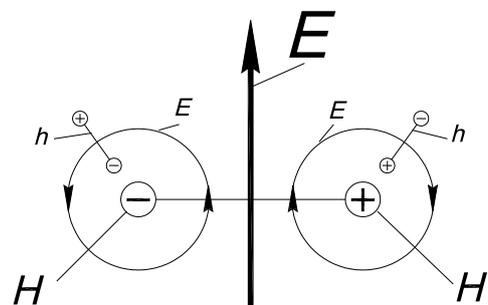


Рисунок 1 – Алгоритм последовательного возникновения электрического и магнитного полей в пространстве вблизи проводника с током

При включении и дальнейшем изменении тока образуется электрическое поле, направленное вдоль провода (провод имеет некоторое «омическое» сопротивление). На рисунке 1

это большая стрелка E , направленная вверх. Электрическое поле вызовет магнитное поле, обвивающееся вокруг него. Это – два небольших круга, внутри которых расположены знаки плюс и минус (см. рисунок 1). Они обозначают кольцо магнитного поля H . Причем плюс обозначает, что поле направлено от нас, а минус, что оно направлено к нам. Но магнитное поле вызывает электрическое, также, обвивающееся около магнитного. На рисунке это два больших круга, которые представляют собой электрическое поле E . Получается некий тор. Но заметьте главное. Силовые линии этого поля совпадают по направлению с первоначальным электрическим полем E , можно сказать, что имеется обратное действие, второе поле препятствует изменению первого. Имеется в виду процесс, протекающий во времени. Но пойдем дальше. Вокруг появившегося электрического поля опять возникнет магнитное поле. На рисунке его кольцо обозначено буквами h . Заметьте, что опять направления предыдущего и последующего полей совпадают. И так далее, картина поддержки последующих полей предыдущими будет повторяться. То есть мы имеем нечто, похожее на положительную обратную связь. «Электрическое и магнитное поля будут взаимно поддерживать друг друга: всякое изменение магнитного поля возбуждает поле электрическое, и наоборот» [9]. Далее дело за математикой. И, похоже, что все это учтено в уравнениях Максвелла.

Известно, что образовавшееся где-то в пространстве электромагнитное поле, распространяется от этого места со скоростью света. Теперь и мы начнем двигать наше поле с целью (как у Фейнмана [5]) показать, что поле может оторваться от своего источника и существовать самостоятельно. Но в отличие от движущейся плоскости, от которой поле отходит в обе стороны, как показано у Фейнмана; у нас образовалось поле в виде тора, который должен расширяться (при выключении тока – рисунок 2), оставляя после себя пустоту без поля (внутри и снаружи этой «баранки» поля нет). Но поле имеет ограниченную энергию (ток выключен) и не может, расходясь, заполнять все большее пространство. Как это противоречие объяснить? По мере удаления от источника поле должно уменьшаться, распределяясь по пространству. Но откуда же «знать» излучению, как далеко оно ушло от источника? Никакой связи с ним не остается, так как нет промежуточной среды. Да и поля будут поддерживаться на первоначальном уровне вследствие положительной обратной связи.

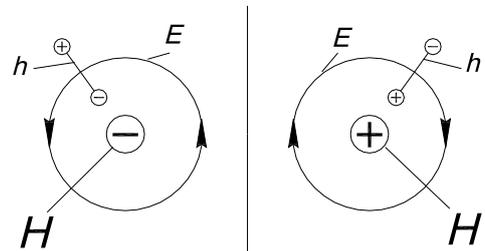


Рисунок 2 – Ток выключен.
Электромагнитное поле осталось существовать «само по себе» без источника

Для пояснения возникшей неопределенности рассмотрим волны на воде. Бросим в воду камень, и волны начнут расходиться от места его падения, уменьшаясь по амплитуде по мере удаления от центра. Энергия действительно распределяется в пространстве, так как каждая колеблющаяся частичка воды увлекает за собой в движение соседние частицы за счет вязкости (внутреннего трения). То есть энергия распределяется на колебательное движение все большей массы. Понятно, что амплитуда его уменьшается.

Но электромагнитное излучение, распространяясь в пустом пространстве, не взаимодействует ни с чем. Два перпендикулярных луча света (допустим, красный и зеленый) проходят друг через друга, никак не изменяясь. Нет среды, где бы волны могли распространяться во все стороны. Остается только один вариант. Наш тор не имеет связующих сил вдоль своей большой окружности, и поэтому поле, расходясь в пространстве, разорвется и полетит дальше «отдельными кусками». Эти «куски», назовем их (условно!) фотонами, будут все более отдаляться друг от друга, рассеиваться в пространстве. В интегральном выражении сохранится необходимый закон спадания плотности поля с расстоянием. Энергия также будет сохраняться, рассеиваясь в пространстве вместе с фотонами.

Приведем предельно прагматичный пример. Возьмем электромагнит постоянного тока и включим его. От него начнет распространяться магнитное поле со скоростью света и в скором времени стабилизируется, по крайней мере, вблизи нашего магнита. И энергия этого поля распределится в пространстве с некоторой переменной плотностью. Теперь, через некоторое время выключим электромагнит. Куда делась энергия поля? Ведь поле вдали от магнита «не знает», что мы выключили его источник. Энергия не может бесследно исчезнуть! Ответ прост. Поле вблизи магнита начнет спадать, меняться во времени и сразу же появится производная по времени и, следовательно, электрическое поле (см. формулы (1)-(4)). В случае спадания электрического поля появится магнитное. Но вызванное поле также

уменьшается и, следовательно, вызовет первоначальное. Так они и начнут вызывать друг друга и распространяться в пространстве. Магнитное поле неизбежно превращается в электромагнитное. При этом за счет положительной обратной связи его составляющие выровняются по величине и станут перпендикулярными. В этих простых рассуждениях интересно то, что без перетеканий энергии из одного вида поля в другой было бы невозможно ответить на заданный вопрос. Ни магнитное поле, ни электрическое не могут существовать без источника поля. А электромагнитное поле может.

Перетекание электрического поля в магнитное и наоборот, это – явление, безусловно подтвержденное многими экспериментами. Но это и причинно-следственная связь, то есть элементарный алгоритм.

Итак, проблема дуализма – волна-частица получает новое толкование. При излучении электромагнитного поля появление сплошной волны во всем окружающем пространстве невозможно. Поле неизбежно «рассыпается» на частицы.

Аналитическое решение уравнений Максвелла. К сожалению, система Maple не может решать в символьном (аналитическом) виде систему уравнений в частных производных с использованием начальных и граничных условий. Хотя, конечно, такие задачи в численном виде решаются давно, но крайне неэффективно. То есть краевую задачу мы опять не будем решать, что, конечно, вызовет множество неопределенностей в решении в виде многих произвольных постоянных и произвольных функций. Но, может быть, их удастся определить, вычислить. В нашем распоряжении имеется огромное количество экспериментальных данных, полученных за более чем столетнюю историю изучения электромагнитного поля. Поэтому придется решать задачу в некотором общем виде и потом как-то приспособливать полученное решение к конкретным условиям практики.

Полученное на компьютере решение мы и использовали в дальнейшем. Но приводить его полностью здесь едва ли целесообразно. Формулы для отдельных проекций векторов поля занимают несколько страниц и поэтому понять их сущность, свойства невозможно при обычном прочтении. И мы отсылаем заинтересованных читателей на электронную почту автора.

В целом решение содержит одиннадцать произвольных постоянных: $_C_1, \dots, _C_8$; $_c_1, _c_2, _c_3$; и пять произвольных функций: F_1, \dots, F_4, F_{10} . Все их предстоит найти, используя известные из практики начальные и граничные условия.

Произвольные функции, которые мы пока игнорировали (приравняли нулю), таковы:

$$F1(-y| + z) = 0; F2(y| + z) = 0; F4(ct - x) = 0; F3(ct + x) = 0; F10(x, y, z) = 0.$$

В этих выражениях буквой l обозначена мнимая единица – так принято в системе Maple. Заметим, что две функции (F_3 и F_4) давно и широко используются как основное решение системы Максвелла [4, 9] – формула (5). Полученное решение легко проверяется подстановкой его в исходную систему уравнений. В виде текста полное решение приведено в работах [2, 3].

В результате упрощений и преобразований получены следующие выражения для компонент поля

$$Ex(x, y, z, t) = f1f3f5 \left[\frac{Ext \sinh(\omega t)}{\omega} + E0 \cosh(\omega t) \right]; \tag{6}$$

$$Ey(x, y, z, t) = \left[-\frac{\sqrt{a3} \omega f1f3f6E0}{c(a2+a3)} - \frac{\sqrt{a1}\sqrt{a3}f2f4f5Ext}{\omega(a2+a3)} \right] \sinh(\omega t) + \left[-\frac{\sqrt{a1}\sqrt{a3}f2f4f5E0}{a2+a3} - \frac{\sqrt{a3}f1f3f6Ext}{c(a2+a3)} \right] \cosh(\omega t); \tag{7}$$

$$Ez(x, y, z, t) = \left[\frac{\sqrt{a2} \omega f1f4f5E0}{a2+a2} - \frac{\sqrt{a1}\sqrt{a3}f2f3f6Ext}{\omega(a2+a3)} \right] \sinh(\omega t) + \left[-\frac{\sqrt{a1}\sqrt{a3}f2f3f6E0}{a2+a3} + \frac{\sqrt{a2}f1f4f5Ext}{c(a2+a3)} \right] \cosh(\omega t); \tag{8}$$

$$Hx(x, y, z, t) = f1f3f5 \left[\frac{Ext \sinh(\omega t)}{\omega} + E0 \cosh(\omega t) \right]; \tag{9}$$

$$H_y(x, y, z, t) = \left[\frac{\sqrt{a_3} \omega f_1 f_3 f_6 E_0}{c(a_2 + a_3)} - \frac{\sqrt{a_1} \sqrt{a_3} f_2 f_4 f_5 Ext}{\omega(a_2 + a_3)} \right] \sinh(\omega t) + \left[-\frac{\sqrt{a_1} \sqrt{a_3} f_2 f_4 f_5 E_0}{a_2 + a_3} + \frac{\sqrt{a_3} f_1 f_3 f_6 Ext}{c(a_2 + a_3)} \right] \cosh(\omega t); \quad (10)$$

$$E_z(x, y, z, t) = \left[-\frac{\sqrt{a_2} \omega f_1 f_4 f_5 E_0}{a_2 + a_2} - \frac{\sqrt{a_1} \sqrt{a_3} f_2 f_3 f_6 Ext}{\omega(a_2 + a_3)} \right] \sinh(\omega t) + \left[-\frac{\sqrt{a_1} \sqrt{a_3} f_2 f_3 f_6 E_0}{a_2 + a_3} - \frac{\sqrt{a_2} f_1 f_4 f_5 Ext}{c(a_2 + a_3)} \right] \cosh(\omega t); \quad (11)$$

В этих формулах произвольные постоянные: a_1, a_2, a_3 имеют размерность m^{-2} ; c – m/c , Ext – E/c , E_0 – E , ω – c^{-1} . Причем E имеет размерность напряженности электрического (или магнитного) поля в отношении к объему и

$$\omega = c\sqrt{a_3} + a_1 + a_2. \quad (12)$$

Функции f_1, \dots, f_6 -экспоненциальные функции следующего вида:

$$f_1 = \frac{1 + [\exp(\sqrt{a_1}x)]^2 A_1}{\exp(\sqrt{a_1}x)}; f_2 = \frac{1 - [\exp(\sqrt{a_1}x)]^2 A_1}{\exp(\sqrt{a_1}x)}; f_3 = \frac{1 + [\exp(\sqrt{a_2}y)]^2 A_3}{\exp(\sqrt{a_2}y)}; \quad (13)$$

$$f_4 = \frac{1 - [\exp(\sqrt{a_2}y)]^2 A_3}{\exp(\sqrt{a_2}y)}; f_5 = \frac{1 + [\exp(\sqrt{a_3}z)]^2 A_5}{\exp(\sqrt{a_3}z)}; f_6 = \frac{1 - [\exp(\sqrt{a_3}z)]^2 A_5}{\exp(\sqrt{a_3}z)},$$

где A_1, A_3, A_5 – произвольные постоянные.

В этих формулах гиперболические функции обозначены добавлением к их тригонометрическому аналогу буквы h . Здесь и всюду далее оставлены обозначения используемого для расчетов математического пакета программ Maple.

Это решение проверено подстановкой в исходную систему уравнений.

Анализ полученного решения. В отсутствии токов и зарядов (в пустом пространстве) плотность энергии поля дается известной формулой [4]

$$w = \frac{1}{8\pi}(E^2 + H^2), \text{ Дж/м}^3 \quad (14)$$

где E, H – напряженности поля, полученные при решении системы уравнений Максвелла. Обозначим

$$E_n = E^2; H_n = H^2.$$

Далее для примера приведена только формула для E_n . Для магнитного поля формула та же, так как величина векторов E и H одинакова, но знаки их координат различны, но при возведении в квадрат это отличие исчезает

$$E_n = E_x(x, y, z, t)^2 + E_y(x, y, z, t)^2 + E_z(x, y, z, t)^2. \quad (15)$$

Задавая теперь конкретные числовые значения произвольных постоянных и некоторое начальное значение плотности энергии можно построить график этой функции. Он представляет собой единственный четырехмерный замкнутый объект (рисунок 3).

При построении рисунка приняты значения произвольных постоянных и плотности энергии в системе СИ. Координата времени t зафиксирована. Поэтому размеры на шкалах графика – метры. Если запустить анимацию по времени, то объект в плавном процессе появляется на экране, растет затем уменьшается и исчезает. То есть он четырехмерен. Формально это только поверхность, на которой всюду плотность энергии одинакова. Кроме того, расстояние от неё до начала координат есть квадрат модуля вектора напряженности поля. Форма этой поверхности может меняться в зависимости от принятых значений произвольных постоянных. Потoki векторного поля через неё в любой её точке равны нулю.

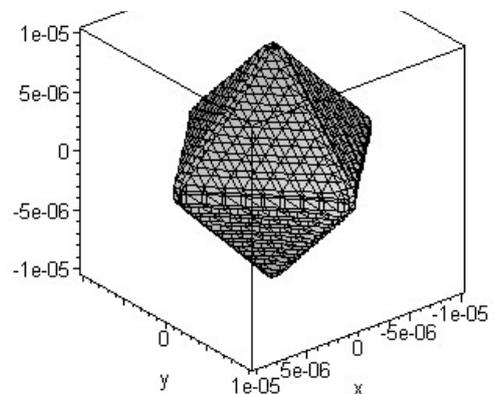


Рисунок 3 – Решение уравнений Максвелла в виде структуры, основанной на гиперболических функциях

Простейший материальный объект, состоящий из поля. Есть одна замечательная возможность, которую использовал Макс Планк при попытке объяснения физической сущности своей знаменитой постоянной [1]. Он использовал функцию Гамильтона $\Gamma(q, p, t)$ – для обобщенных координат, импульсов и времени. Планк использовал эту, изначально механическую сущность, для вывода формулы теплового излучения (электромагнитной сущности).

Сделаем предположение, что наша оболочка представляет собой некий обособленно существующий в пространстве материальный объект, и используем формулу Гамильтона для энергии [7, 8]. Для материальных тел в декартовых координатах она выглядит следующим образом [7]

$$\Gamma = \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + U(x, y, z), \text{ Дж}, \quad (16)$$

где m – масса тела;

p_x, p_y, p_z – координаты вектора импульса;

U – потенциальная энергия внешнего поля, в нашем случае внешнее поле отсутствует, и $U = 0$.

Но эта формула, очевидно, пригодна и для объема, выделенного в некоторой непрерывной среде, например, в потоке жидкости. Тогда размерности массы и импульса представляются в виде плотности, размерность для всей формулы окажется – Дж/м³. Приравняем теперь эту формулу выражению для плотности энергии поля

$$\frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) = \frac{1}{8\pi}(E^2 + H^2). \quad (17)$$

Размерность удовлетворена. В применении этой формулы к нашему объекту можно формально сократить объем слева и справа от знака равенства, так как он произволен. Тогда слева и справа от знака равенства оказывается энергия материального объекта, имеющего массу и импульс. Масса выражается из формулы

$$mc^2 = h\nu = h\omega.$$

Значит, наше предположение оправдывается.

Если построить график для данного конкретного равенства, то оказывается, что оно соблюдается на поверхности, аналогичной нашей оболочке En .

Проекция импульса определим по известной формуле с векторным произведением напряженностей полей

$$p = \frac{E \times H}{4\pi c}. \quad (18)$$

Полученная оболочка представляет собой уникальное явление, не имеющее аналогий в теоретической физике. Ни внутри, ни снаружи ее нет никаких источников энергии. Первое, что приходит на ум, это отдельный квант энергии, квант электромагнитного поля – фотон. Он имеет определенную, стабильную энергию, пропорциональную некоторой частоте неких, видимо, внутренних колебаний $E = h\nu$.

Подробно расписать на бумаге последнюю формулу равенства механической и электромагнитной энергий трудно – она очень громоздка и не пригодна для визуального анализа. Но при её анализе на компьютере видно, что, если принять наше предположение о фотоне, то произвольная постоянная E_0 (см. формулы (6)-(13)) не может быть ничем иным, как первоначальной энергией кванта, которая входит и в формулу для массы. И с успехом сокращается! Получается ещё одна формула

$$c^2(p_{0x}^2 + p_{0y}^2 + p_{0z}^2) = \frac{En_0}{2\pi}, \quad (19)$$

где нуль в индексе означает, что импульсы и энергия разделены на E_0^2 . Сократилась произвольная постоянная E_0 .

Эта формула безразмерна. И построение её графика показывает, что это опять оболочка. Форма поверхности изменилась (рисунок 4); потеряла красоту и лаконичность октаэдра (см. рисунок 3). И она также четырехмерна. Но она не существует при $t = 0$. Не замкнута она и при $y = 0$ или $z = 0$ (уходит в бесконечность). И чтобы эти сингулярности увидеть на графике, нужно строить только часть его (оконечность) и в большом масштабе. Мы же говорим о материальном объекте, а он должен быть замкнутым и достаточно компактным. Как корпускула электромагнитного поля он кажется явно непригодным.

Но правая часть формулы (17) существует при равенстве нулю локального времени. Это видно в ходе построения предыдущего рисунка. А величина импульса зависит от векторного произведения векторов E и H ; оно, в свою очередь, – не только от величины векторов, но и от их взаимного расположения в пространстве. И если векторы параллельны, то оно равно нулю. И равенство (19) оказывается недействительным при некоторых значениях локального времени. Очевидно, векторы E и H , которые начинаются на нашей поверхности, расположены друг к другу под разными углами. Но нам изначально требуется, чтобы они были перпендикулярны. Это экспериментальный факт. Получается, что не вся поверхность будет использована в нашей модели.

Перпендикулярность векторов проверяется приравниванием их скалярного произведения нулю

$$Sc = 0 = Ex(x, y, z, t)Hx(x, y, z, t) + Ey(x, y, z, t)Hy(x, y, z, t) + Ez(x, y, z, t)Hz(x, y, z, t). \quad (20)$$

Мы можем построить совместный график – En_0 и Sc . Он представлен на рисунке 4. Время закреплено $t = 0,15 \cdot 10^{-14}$ с.

Поверхности $Sc = 0$ пересекают наш замкнутый объект, построенный по формуле (20), по двум кривым. Условию перпендикулярности удовлетворяют только те векторы, которые начинаются на этих кривых («изогнутых кольцах»). При изменении значения времени поверхность $Sc = 0$ сдвигается по оси X и пересекает объект в другом месте. При некоторых значениях времени эта поверхность не существует.

Следовательно, получилось два объекта, две четырехмерных поверхности, образованных этими изогнутыми кольцами. Сингулярности объекта, построенного по формуле (20) теперь нам не мешают, так как область, образованная пересечением поверхностей En_0 и Sc не достигает нуля оси времени и исчезает на оси X во вполне определенном месте (не в бесконечности). Построить график этой области не удалось, так как требуется параметрическое представление пространственных кривых, образующих изогнутые кольца. А преобразование от координатного представления к параметрическому чрезвычайно громоздко. Оставим его на будущее.

Вектор Пойнтинга (вектор потока энергии – рисунок 5) существует в каждой точке нашей поверхности векторного поля

$$P = \frac{1}{4\pi c} E \times H. \quad (21)$$

На графике показаны только несколько точек на одном из колец. Видно, что, хотя эти векторы и направлены в одну сторону, но направления их не совпадают. Это связано с тем, что само кольцо не является плоским. Суммарный вектор направлен точно вдоль оси X .

Но линий пересечения поверхностей две. Если построить векторы Пойнтинга и на второй линии, расположенной симметрично, то оказывается, что они направлены в другую сторону. Более подробный анализ показывает, что при отрицательных значениях локального времени энергия двигается вместе с текущим положением кольца от центра объекта, а при положительном времени, наоборот, к центру. Это явление показывает, что наш объект не излучает энергию в пространство. Симметричное движение колец приводит к компенсации потоков энергии внутри объекта.

Волновая составляющая внутренней структуры. Так как у нас есть проекции векторов E и H , то легко построить их график на одном из колец (при определенном значении локаль-

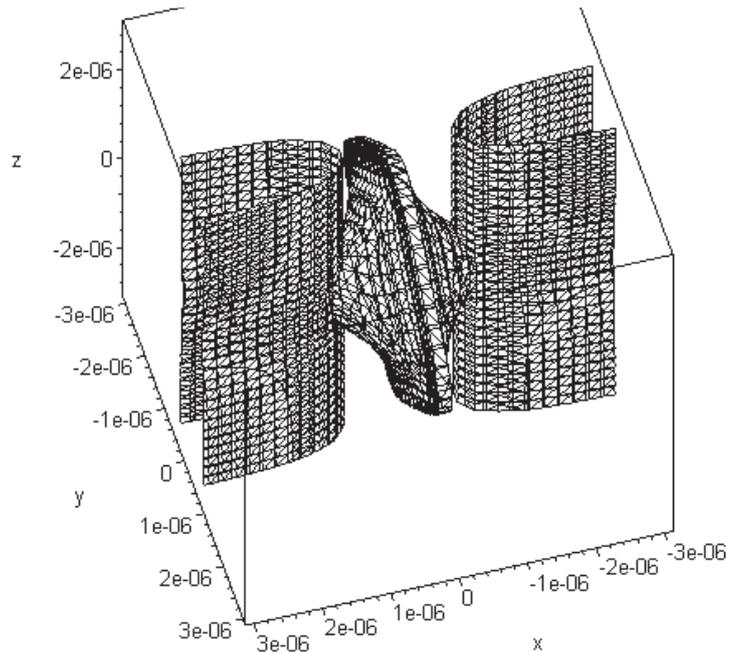


Рисунок 4 – Пересечение поверхностей скалярного произведения и оболочки по рисунку 5

ного времени).

Он представлен на рисунке 6. Векторы электрического и магнитного полей по линии кольца располагаются в пространстве сложным образом, но всюду перпендикулярны друг другу. Кроме этого они еще и поворачиваются в пространстве вдоль линии кольца. Конечно, этот график очень удобно наблюдать в программе Maple, где его можно рассматривать и поворачивать на экране в пространстве.

В процессе построения графика, показанного на рисунке 6, приходится организовывать массивы данных для каждой его точки. Представилась возможность попробовать аппроксимировать эти численные данные простыми функциями, получить приближенные значения, работать с которыми было удобней, чем с громоздкими исходными функциями. Все отдельные координаты концов векторов поля и сами координаты точек кольца удовлетворяют функции

$$y = a \sin(bx + c),$$

обозначения в этой формуле не связаны с материалом статьи. При этом коэффициент корреляции равен 0,9998. А это определенно означает, что наши параметры абсолютно удовлетворяют этой синусоиде. Удивительно, конечно, но факт. Таким образом, мы все-таки получили гармоническую (волновую) функцию в составе нашего объекта, и, следовательно, волновые эффекты электромагнитного излучения могут быть объяснены.

Особенность рисунков 5 и 6 заключается в том, что нельзя на одном графике одновременно показать сами векторы и их координаты, так как они имеют разную размерность. Поэтому стрелки, показанные на рисунках, никак не отражают длины векторов, а обозначают лишь их начальные точки и направления.

Напомним, что эти графики отражают лишь один момент локального времени. И при изменении времени они изменятся. Но колебательного процесса в этом, собственном времени модель не дает. Это означает, что в мировом времени наш объект движется как единое целое, в «замороженном» виде, так как при скорости света локальное время остановится в соответствии с теорией относительности. Но в разных точках объекта электрические и магнитные поля различны. А это значит, что при встрече с препятствием, например с антенной, объект возбудит в ней переменный ток. Например, в радиодиапазоне приходящие один за другим эти дискретные «кванты» будут раскачивать резонансные системы приемника. Отметим, что и передатчик радиосигнала имеет резонансную систему. То есть наши «кванты» он будет выдавать друг за другом через определенное время.

Структура модели была проверена в трех точках диапазона электромагнитного излучения: $10 \cdot 10^6$ Гц – радиодиапазон; $0,5 \cdot 10^{15}$ Гц – видимый свет; $5 \cdot 10^{20}$ Гц – гамма-излучение. Никаких качественных изменений модели в этих точках нет. Это дает право сказать, что она действительна для всего диапазона.

Объяснение свойств полученного объекта. Сразу встает вопрос. Что означает частота в формуле $E = h \nu$? В рассматриваемом случае подходящей является величина, обратная периоду времени, в течение которого полученный объект присутствует в данной точке про-

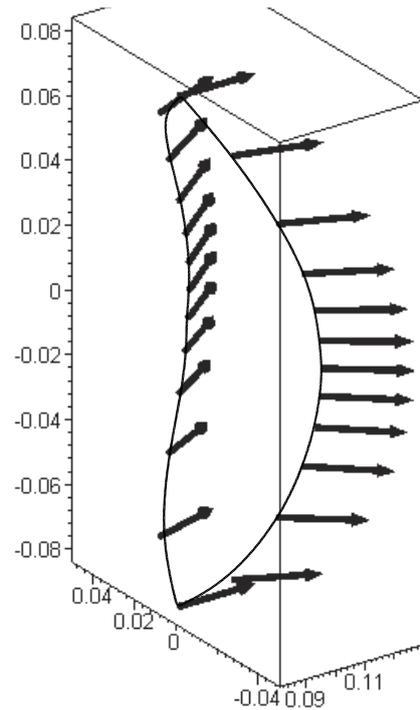


Рисунок 5 – Вектор Пойнтинга

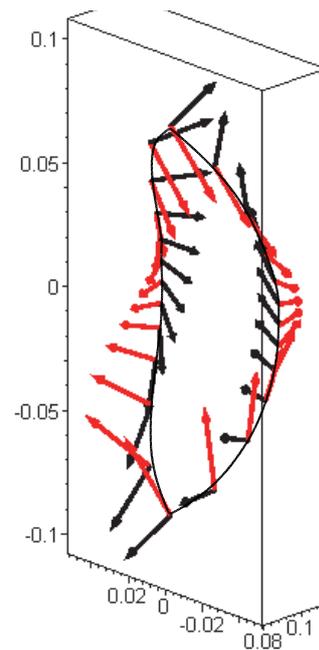


Рисунок 6 – Пространственная синусоида электрического и магнитного полей

странства (проходит расстояние, равное своей длине). А длина «волны» (или «полуволны») – это максимальный размер полученного объекта. Этот период также соответствует обратной величине произвольной постоянной «омега», которая является аргументом гиперболических функций полученного решения. И никаких колебаний во внутренней структуре объекта с частотой ν модель не дает.

С трудом воспринимается также вывод о том, что поле полностью отсутствует вне полученного объекта. То есть существуют такие две точки в пространстве, расположенные вблизи друг друга (в любом масштабе), в одной из которых поле есть, а в другой (рядом) его нет. Этот вывод противоречит повседневному опыту человека, связанного с электрическим, магнитным, гравитационным полями. Но наш объект материален, и, следовательно, границы для него естественны.

Этот объект, видимо, является классической моделью начального элемента электромагнитного поля – фотона. Заметим, что некоторые свойства фотона, например спин, не вытекают из уравнений классической механики, поэтому здесь не рассматриваются.

Запаздывание взаимного перетекания энергии электрического и магнитного полей, обусловленное конечной величиной электродинамической постоянной, на первый взгляд, не проявляется явно ни в приведенных выше формулах, ни на графиках. Это явление требует особых пояснений. Уравнения Максвелла действительны только для переменных полей (в них есть производные по времени – формулы (1)-(4)). То есть, если существует электрическое поле в точке А, и оно начнет изменяться, то, как следствие возникнет магнитное поле в точке В. Но где в окружающем пространстве эта точка может быть расположена? Как близко от точки А?

Рассмотрим подробнее осуществление причинно-следственных цепей, частный случай которого мы и имеем. Как далеко (или близко) могут быть разведены причина и следствие? Каков может быть интервал между ними? Но этот «интервал событий», причем точно в смысле причинно-следственной связи, введен в специальной теории относительности, в пространственно-временном континууме

$$ds = \sqrt{c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2} . \quad (22)$$

Сближение точек в этом континууме как раз и приводит к уменьшению интервала между причиной и следствием. И в предельном случае, когда $ds = 0$, мы получаем $c = x/t$ (считаем, для простоты, что движение идет только по оси x). Причем значения x и t не оговариваются. Только t не может быть нулем. Например, свет пришел к Вам от настольной лампы или от далекой звезды на небе. Это отношение одинаково.

В нашем случае, допустим, уменьшение электрического поля вызывает увеличение магнитного поля и, очевидно, будет происходить с наибольшей возможной скоростью, но существует описанное выше ограничение. Это явление будет происходить в такой точке В, которая удалена от точки А, где возникла причина, на расстояние, где через некоторое время, появится следствие. И эти расстояние и время связаны в минимальном пределе отношением $c = x/t$. У нас же существует положительная обратная связь между полями; они перетекают друг в друга. Но не мгновенно, хотя интервал событий будет равен нулю. Это, в принципе, и объясняет, что открытый нами объект занимает некоторое ограниченное пространство (x и t не могут быть нулями).

Но уравнения Максвелла ничего не говорят о движении поля в мировом времени, об остановке времени в нашем объекте при движении его со скоростью света. Поэтому перетекания полей возникают только в момент образования корпускулы (при излучении) и затем проявляются при встрече с препятствиями.

Отметим одно важное и новое качество, которое возникает как результат этих рассуждений. Полученный в описываемой модели объект не имеет предыстории. В нем не проявляется связи с мощностью источника излучения, скоростью его движения и т.п. В пространстве он существует «сам по себе» – поля замкнулись в ограниченный в пространстве объект. А это значит, что если в любых инерциальных системах измерить скорость света, то она будет одинакова!

Выбор произвольных постоянных. Выше мы не отвлекались на причины выбора тех или иных значений произвольных постоянных. Поясним это здесь.

$Ex t$ – имеющая размерность Дж/(с·мЗ), принята равной нулю из соображений симметрии. Отличное от нуля значение вызывает сдвиг модели относительно нуля локального

времени.

Коэффициенты A_1, A_3, A_5 (безразмерны) ограничены значениями ± 1 также по соображениям симметрии. Отклонение их от этого значения вызывает смещение модели от нуля осей координат (x, y, z). На рисунке 4 показан четвертый вариант. Шестой вариант аналогичен ему, только поверхности скалярного произведения повернуты на 90° вокруг оси X . То есть, повернута плоскость поляризации.

E_0 – некоторая начальная энергия, имеющая размерность Дж, принята равной энергии кванта. Эта величина удовлетворительно подходит при построении графика, приведенного на рисунке 3. Но сокращается при введении формулы Гамильтона (31) и в дальнейшем не используется.

Коэффициенты a_1, a_2, a_3 (имеют размерность $-1/m^2$) остались неопределенными относительно друг друга, хотя сумма их определяется, если принять величину, имеющую размерность частоты (в аргументах гиперболических функций) за частоту кванта в формуле $E = h\nu$. Неопределенность этих коэффициентов связана, скорее всего, с начальными условиями. Ни один из этих трех коэффициентов не может быть равным нулю, – иначе замкнутый в пространстве объект не образуется.

Неодинаковость этих коэффициентов выявляет совершенно необычный факт. Оказываются фотоны (разумеется, если надежды автора, что это они и есть, оправдаются) могут иметь довольно произвольную форму в пространстве, которая целиком зависит от начальных условий их возникновения. Открывается необычайно интересная область исследования формы природных, да и искусственно созданных фотонов. Какие фотоны, например, приходят из космоса, или образующиеся при атомных реакциях и т.п.?

Взаимодействие объекта внешней средой. При взаимодействии объекта внешней средой наиболее важны его волновые свойства.

Кажется ясным, что если это кольцо (рисунок 5 и 6) пройдет антенну, то оно возбудит в ней синусоидальный сигнал. А затем «раскачает» входной колебательный контур приемника. Отличить этот сигнал от «радиоволны» не просто. Нужны специальные эксперименты, которые, думается, не трудно организовать.

Все свойства корпускулярной природы электромагнитного излучения автоматически выполняются. Это фотоэффект, эффект Комптона, дисперсия, отражение и преломление. Отметим только, что при прохождении электромагнитного излучения через прозрачную среду интенсивность его и скорость снижаются. Но при выходе в вакуум скорость опять становится равной скорости света, так как не может нарушиться физический процесс (алгоритм) перетекания электрического и магнитного полей друг в друга. А интенсивность упадет только за счет уменьшения количества фотонов.

Излучение атомов – теперь находит здравомыслимое объяснение. «Перескок» электрона между энергетическими уровнями вызывает резкий скачек электрического поля. Практически это не имеющий разрыва переход электрона на другой алгоритм функционирования атома. Это немедленно вызывает магнитное поле и формируется кольцевая структура испускаемого фотона. И никаких волновых пакетов нет – они не могут существовать, не расплываясь со временем.

Интерференцию и дифракцию, в настоящее время, видимо, также можно объяснить, так же как эти явления объясняются даже для отдельных фотонов или для частиц, имеющих массу покоя (электронов и пр.). Здесь же внутренняя структура полученного объекта содержит синусоидальную функцию.

Эксперимент. Наиболее существенным здесь оказывается объяснение всех явлений, экспериментальных данных, описание которых основано на волновой теории. Понятно, что надо последовательно пройти весь путь теоретических обоснований, изложенных в применении к волнам. И здесь не будет недостатка в материале. Конечно, можно предложить эксперименты, которые указывали бы прямо на существование кольцевой структуры фотона.

Предсказания. 1 Если остаться на принятой концепции отсутствия эфира в пустом пространстве, то, например, оказывается, что для электромагнитного поля (в пустоте) не действителен принцип Гюйгенса. Конечно, это противоречит известным описаниям этого явления. Но, видимо, эти описания поверхностны. Принцип Гюйгенса возможен при распространении неких возмущений (волн) в непрерывной среде, состоящей из частиц, взаимодействующих между собой. Поэтому более глубокий анализ распространения электромагнитного излучения, при отбрасывании его волновой природы, показывает, что вторичные волны возникают

не будут, так как вся имеющаяся энергия уже захвачена имеющимися полями. В пустоте нет объекта, в котором могли бы образоваться волны (эфира нет!).

2 Описываемый в литературе переход от волн к геометрической оптике неубедителен. Длина волны формально приравнивается нулю, что не соответствует природе вещей. Отдельные же частицы летят прямо, образуя лучи, например, света.

3 Фотоны не имеют центральной симметрии, Поэтому их расположение в координатах приемного устройства и форма явно несут информацию об их происхождении. Это может дать новые знания во многих отраслях науки. Например, в астрономии.

Заключение. 1 Уравнения Максвелла имеют решения в виде замкнутых в пространстве объектов – оболочек с постоянной плотностью энергии на их поверхности.

2 Волны электромагнитного излучения в пустоте существовать не могут. Имеется в виду не исторически сложившийся термин, а точное определение поперечной волны, которая может распространяться только в упругой среде.

3 Частная математическая модель такой оболочки с использованием функции Гамильтона представляется как отдельный объект (частица, если угодно), имеющий все атрибуты материального тела, летящего со скоростью света.

4 Объект функционирует, передвигаясь в пространстве подобно одиночной волне. При образовании его в момент излучения и при исчезновении электрическое и магнитное поля попеременно «перетекают» друг в друга. При этом запаздывание такого перетекания минимально и соответствует нулевому «интервалу событий» – между причиной и следствием.

5 Использование необходимости равенства нулю скалярного произведения векторов электрического и магнитного полей дает расположение этих векторов в области объекта и времени. Точки приложения векторов находятся на поверхности объекта, образованной своеобразно изогнутыми кольцами. При этом форма колец и их размер зависят от локального времени.

6 Объект содержит некоторую «внутреннюю структуру». В частности, концы векторов электрического и магнитного полей образуют синусоидальную функцию в каждом сечении, соответствующем заданному локальному времени.

7 Полученный в модели объект перемещается в пространстве в виде одиночной волны. Причем у него нет предыстории, параметры этого функционирования не зависят от источника излучения, не связаны с ним. Отделившись от источника, поля замыкаются в алгоритм, связанный со скоростью света. Она является его внутренним параметром и остается всегда постоянной.

8 Представленная выше статья предполагает дальнейшее развитие исследований, в которые должны бы включиться многие ученые. Одному человеку охватить все, имеющиеся здесь варианты и направления невозможно. Тем более, уже сейчас очевидно, что «за бортом» осталось множество неисследованных случаев, которые могут оказаться более приемлемыми для физической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Планк, М. Теория теплового излучения / М. Планк; под ред. М.А. Ельяшкевича. -М.: КомКнига, 2006. -208 с.
- 2 Шеромов, Л.А. Исследование самоорганизующейся электродинамической системы / Л.А. Шеромов // Дизельные энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -2003. -Ч.II. -С. 97-112.
- 3 Шеромов, Л.А. Анализ самоорганизующейся системы электромагнитного поля / Л.А. Шеромов // Дизельные энергетические установки речных судов: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -2005. -С. 107-115.
- 4 Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.II. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. -М.: Наука, 1973. -504 с.
- 5 Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике. Т.6. Электродинамика / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. -М.: Мир, 1977.
- 6 Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике. Т.8. Квантовая механика / Р. Фейнман. -М.: Мир, 1977.
- 7 Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.I. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. -М.: Наука, 1973. -208 с.
- 8 Петкевич, В.В. Теоретическая механика / В.В. Петкевич. -М.: Наука, 1981. -496 с.
- 9 Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Т.III. / Д.В. Сивухин. -М.: Мир, 1977. -688 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уравнение Максвелла, модель фотона, решение
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шеромов Лев Александрович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ РАБОТАЮЩЕГО В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Л.А. Нейман, А.А. Скотников

ANALYSIS OF THE HEAT ELECTROMAGNETIC ENGINE IN A PULSED MODE

«Novosibirsk state technical university»

L.A. Neyman, A.A. Scotnikov

The problem the electromagnetic motor heating in transient is solved. The solution of the cyclic heating problem obtained by discrete transform method is presented.

Keywords: electromagnetic motor, cyclic heating process, discrete transform

Выполнен анализ процесса нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах на основе решения уравнения циклического нагрева в конечных разностях полученного методом дискретных преобразований.

Рабочий процесс линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) используемых в приводе ударных машин различного технологического назначения характеризуется различной частотой и продолжительностью включения, что существенно оказывает влияние на тепловой режим их работы.

При циклическом режиме работы электромагнитного двигателя время рабочего цикла будет определяться временем разгона бойка, то есть временем протекания тока в катушке t_p , а время бестоковой паузы t_n – временем приведения бойка в исходное состояние.

Типичным примером таких машин являются электромагнитные приводы прессов, используемых для таких технологических операций как штамповка, клеймение, завальцовка и т.д.

Рассматривается один из возможных случаев циклической работы ЛЭМД, когда при включении температура его элементов не сразу достигает установившихся значений, а при достижении работает в квазиустановившемся тепловом режиме, при этом подводимая мощность за время работы не меняется.

Точно рассчитать процесс охлаждения при таких режимах не представляется возможным ввиду изменения основных параметров, определяющих процесс теплопередачи.

Рабочий процесс рассматриваемых в работе режимов можно представить, как последовательность рабочих циклов, которые будут характеризоваться чередующимися интервалами времени нагрева t_p (время протекания тока) и охлаждения t_n (время бестоковой паузы).

Процесс нагрева и охлаждения для любого n -го цикла ($n=0, 1, 2, \dots$) определяется с помощью уравнения Ньютона, а типичная кривая циклического процесс нагрева и охлаждения может быть представлена зависимостью приведенной в [1].

Тепло, выделяемое катушкой электромагнитного двигателя при работе, частично отдается в окружающую среду и частично идет на повышение его температуры.

Положив для непрерывной функции нагрева $\tau(t)$, что $t = nt_u$, то решение переходного процесса удобно исследовать с помощью дискретных преобразований.

Обозначив перегрев в начале n -го цикла через $\tau[n]$, в начале бестоковой паузы через $\tau[n+\varepsilon]$ и, наконец, перегрев в конце n -го цикла и в начале $n+1$ цикла через $\tau[n+1]$.

Для получения уравнения в конечных разностях необходимо получить решение (1), выражающее перегрев $\tau[n+1]$ в конце n -го состояния через перегрев $\tau[n]$ в начале n -го состояния за один цикл работы.

В период нагрева при $nt_u \leq t \leq nt_u + t_p$, отсчитывая время от начала n -го цикла, согласно [1] решение для перегрева имеет вид

$$\tau = \tau_y + (\tau[n] - \tau_y) \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right),$$

где τ_y – установившееся превышение температуры при длительном процессе выделения мощности

$$\tau_y = \frac{P}{k_m S_n};$$

k_m – коэффициент теплоотдачи с поверхности тела;

S_n – теплоотдающая поверхность (поверхность охлаждения);

P – мощность тепловых потерь;

T_0 – постоянная времени нагрева электромагнитного двигателя.

В конце нагрева при $t = nt_u + t_p$ перегрев

$$\tau[n + \varepsilon] = \tau_y + (\tau[n] - \tau_y) \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right). \quad (1)$$

В период бестоковой паузы при $nt_u + t_p \leq t \leq (n+1)t_u$ решение для процесса охлаждения будет иметь вид

$$\tau = \tau[n + \varepsilon] \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right).$$

В начале следующего цикла при $t = nt_u$ перегрев составит

$$\tau[n + 1] = \tau[n + \varepsilon] \exp\left(-\frac{t_n}{T_0}\right). \quad (2)$$

Подставляя значение $\tau[n + \varepsilon]$ из (1) в (2), перейдем к разностному уравнению, определяя перегрев в конце n -го цикла

$$\tau[n + 1] = \tau[n] \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right) + \tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right)\right] \exp\left(-\frac{t_n}{T_0}\right), \quad (3)$$

где $\tau[n]$ – решетчатая функция.

Решение разностного уравнения (3) получим с помощью дискретного преобразования Лапласа для уравнений с решетчатыми функциями.

Изображение

$$\tau[n] = \theta^*(q); \quad \tau[n + 1] = [\theta^*(q) - \tau[0]] \exp(q),$$

где $\tau[0]$ – значение перегрева к началу процесса;

b_2 – изображение постоянной

$$b_2 = \frac{b_2 \exp(q)}{\exp(q) - 1}.$$

Изображение для выражения (3) примет вид

$$\exp(q)[\theta^*(q) - \tau[0]] - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right)\theta^*(q) = \frac{\left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right)\right] \exp\left(-\frac{t_n}{T_0}\right) \exp(q)}{\exp(q) - 1},$$

откуда получим изображение для перегрева

$$\theta^*(q) = \frac{\left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right)\right] \exp\left(-\frac{t_n}{T_0}\right) \exp(q) + \tau[0] \exp(q) [\exp(q) - 1]}{[\exp(q) - 1] \left[\exp(q) - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right)\right]}. \quad (4)$$

Полагая, что в начале процесса $\tau[0] = 0$, для перехода от изображения для перегрева (4) к оригиналу воспользуемся вычетами

$$\tau[n]_{\min} = \frac{\tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right)\right] \exp\left(-\frac{t_n}{T_0}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0} n\right)\right]}{1 - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right)}. \quad (5)$$

Зависимость (5) отражает перегрев в конце n -го цикла, когда двигатель успевает охладиться за время бестоковой паузы. Так как значение этого перегрева определяет нагрев в начале $(n + 1)$ -го цикла, то подставляя (2) в (5) получим выражение для максимального пере-

грева в цикле

$$\tau[n]_{\max} = \frac{\tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right) \right] \left[1 - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0} n\right) \right]}{1 - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right)}. \quad (6)$$

Для квазиустановившегося режима нагрева при $n \rightarrow \infty$ выражения для максимального перегрева (6) преобразуются известному виду [1]

$$\tau_{\max} = \tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T_0}\right) \right] / \left[1 - \exp\left(-\frac{t_u}{T_0}\right) \right]. \quad (7)$$

В качестве примера иллюстрирующего влияние перегрева элементов электропривода в переходных режимах работы, на рисунке 1-4 в относительных единицах приведены зависимости $\tau^* = f[n]$, полученные в результате расчетов по выражению (6) при нулевых начальных условиях.

В расчетах циклического процесса нагрева ЛЭМД при изменении состояний дискретных равноотстоящих интервалов времени в качестве относительных величин перегрева и времени приняты следующие значения: $\tau^* = \tau[n]_{\max} / \tau_y$, T_0/t_u , t_u/t_p .

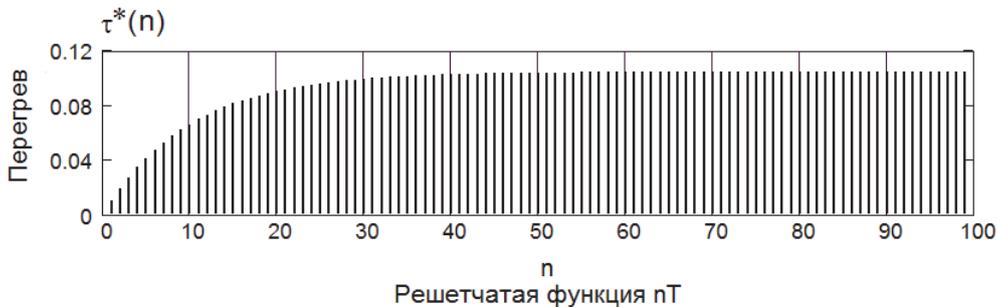


Рисунок 1 – Зависимость перегрева в переходном процессе при: $T_0/t_u = 10$; $t_u/t_p = 10$

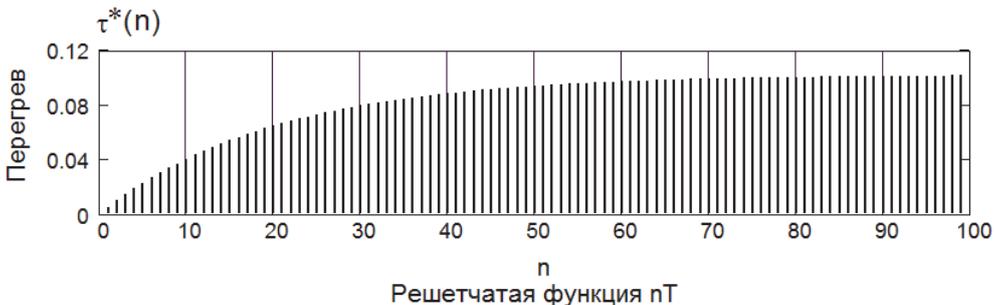


Рисунок 2 – Зависимость перегрева в переходном процессе при: $T_0/t_u = 20$; $t_u/t_p = 10$

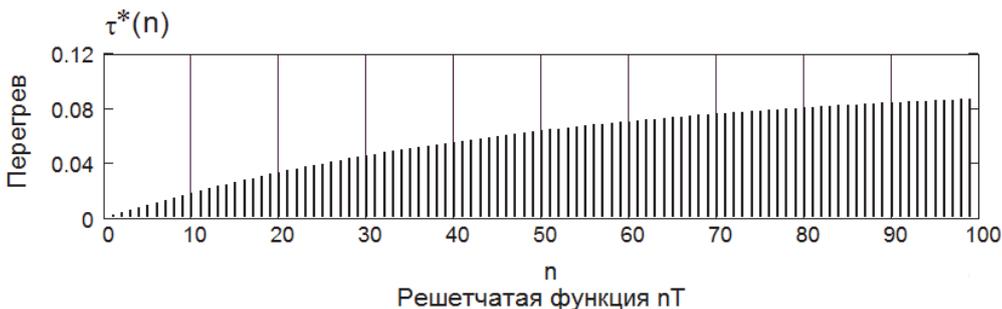


Рисунок 3 – Зависимость перегрева в переходном процессе при: $T_0/t_u = 50$; $t_u/t_p = 10$

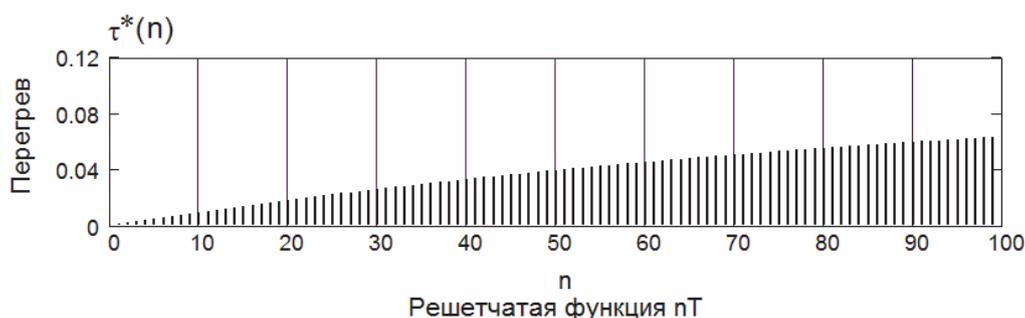


Рисунок 4 – Зависимость перегрева в переходном процессе при: $T_0/t_c = 100$; $t_c/t_p = 10$

Полученные в работе зависимости перегрева электропривода от параметров, характеризующих режимы его работы позволяют рассчитать нагрев в переходном режиме для равноотстоящих интервалов времени питающих импульсов тока и могут быть использованы в приближенных расчетах при определении условий допустимого нагрева при работе с заданной частотой для кратковременного или повторно-кратковременного режимов работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Чунихин, А.А. Электрические аппараты /А.А. Чунихин. -М.: Энергоатомиздат, 1988. -720 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электромагнитный двигатель; циклический процесс нагрева; дискретные преобразования
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Нейман Людмила Андреевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
 Скотников Андрей Алексеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРА СКОТТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

В.З. Манусов, П.В. Морозов, И.С. Крепышев

SCOTT-TRANSFORMER CONVERTERS APPLICATION IN HIGH-SPEED RAILWAYS POWER SUPPLY SYSTEMS
 «Novosibirsk state technical university»
 V.Z. Manusov, P.V. Morozov, E.S. Krepashev

2×25 kV power supply systems to three-phase grid connection variants are analyzed. Then the comparison of technical and economic assessment of this variants has been made. It is shown, that application of 3-to-2 Scott transformers as points of connection of a 110 kV network to a 220 kV network is more expedient, than use of them in connection points of 2×25 kV power supply system to a 110 kV network.

Keywords: traction substation; Scott-transformer; three-phase network; power equalizer

Проведен анализ вариантов присоединения системы электроснабжения 2×25 кВ к трехфазной сети на основе схемы Скотта. Выполнено сравнение технико-экономических показателей этих вариантов. Показано, что применение трехфазно-двухфазных трансформаторов Скотта в точках присоединения сети 110 кВ к сети 220 кВ является более целесообразным, чем использование их в точках присоединения системы электроснабжения 2×25 кВ к сети 110 кВ.

В настоящее время на российских железных дорогах с системой электроснабжения 2×25 кВ наибольшее распространение получила система с однофазными трансформаторами на тяговой подстанции [1]. Тяговые подстанции, которые являются точками присоединения системы тягового электроснабжения скоростных железных дорог переменного тока, обладают следующими особенностями:

- количество фаз на вторичной стороне не кратно трем;
- в межподстанционной зоне применяются автотрансформаторы.

Система электроснабжения железной дороги переменного тока является трехпроводной, состоящей из контактного провода, питающего провода и рельса. Это обеспечивает возможность повышения напряжения питания тяговых нагрузок и уменьшает количество тя-

говых подстанций.

Таким образом, на подстанции, являющейся точкой присоединения системы электропитания железной дороги переменного тока к трехфазной сети, только двум из трех фаз на первичной стороне соответствуют две фазы на вторичной стороне. Это означает, что одна из трех фаз остается незадействованной, что является причиной токовой несимметрии.

Целью настоящей работы является анализ экономической эффективности применения трансформаторов Скотта в качестве точек присоединения системы электропитания железной дороги переменного тока к трехфазной сети.

Анализ вариантов присоединения системы электропитания 2×25 кВ к трехфазной сети. Применение трансформаторов Скотта в качестве точек присоединения системы электропитания 2×25 кВ к трехфазной электропитающей сети (вариант 1) означает замену существующих однофазных трансформаторов на всех подстанциях, связывающих упомянутую систему электропитания с трехфазной сетью. В связи с тем, что каждый крупный участок системы электропитания 2×25 кВ имеет от 10 до 20 точек присоединения к трехфазной сети, замена трансформаторов может оказаться экономически нецелесообразной. Особенно это касается участков, где трехфазная сеть состоит из двух ступеней: напряжений 220 кВ и 110 кВ. В качестве точек присоединения сети 110 кВ к сети 220 кВ служат трехфазные автотрансформаторы.

Чтобы сохранить без изменений точки присоединения системы 2×25 кВ, предложено в точках присоединения сети 110 кВ к сети 220 кВ трехфазные автотрансформаторы заменить на трехфазно-двухфазные трансформаторы Скотта (вариант 2) [2]. Если, например, к сети 110 кВ, у которой есть две точки присоединения к сети 220 кВ, подключено пять подстанций 110/55 кВ для питания системы электропитания 2×25 кВ, то получается, что замену имеющихся трансформаторов на трансформаторы Скотта достаточно произвести в двух точках, а не в пяти. Кроме того, применение трансформатора Скотта для питания сети 110 кВ от сети 220 кВ позволяет не отказываться от главного преимущества однофазных трансформаторов, заключающегося в том, что они не вносят дополнительный фазовый сдвиг напряжения на вторичной стороне относительно напряжения на первичной стороне.

В этом случае сеть 110 кВ становится двухфазной, и угол сдвига между фазными напряжениями равен 90°. Это означает, что при одинаково нагруженных фазах сети 110 кВ обеспечивается полная токовая симметрия в трехфазной сети 220 кВ.

Как показывает анализ участков системы электропитания 2×25 кВ, поблизости от них в небольшом количестве находятся производственные объекты и населенные пункты с однофазными и трехфазными электропотребителями. У однофазных нагрузок, к которым относится большинство бытовых электропотребителей, нет особенностей, препятствующих подключению к одной из фаз двухфазной сети. В то же время для питания трехфазных потребителей, например, двигателей насосов для перекачки нефти, требуется преобразование двухфазной системы напряжений в трехфазную, которое осуществляется благодаря обратимости трансформатора Скотта, то есть возможности подключения двух фаз к питающей сети, а трех фаз к потребителю.

В случае применения трансформатора Скотта вместо однофазных трансформаторов, обе вторичные обмотки трансформатора Скотта должны быть заземлены [3].

Экономическое обоснование предложенного варианта. Замена существующих трансформаторов в точке присоединения системы электропитания 2×25 кВ к трехфазной сети требует технико-экономического обоснования предложенного варианта схемного решения. Сравнение этих вариантов проводится по капитальным вложениям и ежегодным затратам. Годовые приведенные затраты определяются по формуле

$$Z_i = I_i + E_{ин} K_i, \quad (1)$$

где I_i – годовые эксплуатационные издержки;

K_i – капитальные затраты на изготовление для i -го варианта;

$E_{ин}$ – нормативный коэффициент эффективности

$$E_{ин} = \frac{1}{T_{ин}}, \quad (2)$$

$T_{ин}$ – нормативный срок окупаемости, рекомендованный для энергетики 8 лет. В этом случае $E_{ин} = 0,125$.

Далее необходимо отдельно рассмотреть капитальные затраты и эксплуатационные

издержки каждого варианта.

Применение трансформатора Скотта непосредственно в точке присоединения сети 2×25 кВ к трехфазной сети требует замены трансформаторного блока на подстанции. Поскольку в данном случае не подразумевается строительство тяговой подстанции с нуля, будет учитываться только стоимость трансформаторов в качестве капитальных затрат. В качестве издержек будут учитываться обслуживание подстанций, амортизационные отчисления; а также издержки, связанные с потерей электрической энергии и надбавками к тарифу за износ оборудования из-за токовой несимметрии.

На основании формул (1) и (2) зависимость затрат от времени в годах имеет вид

$$Z_i(t) = I_i t + K_i. \quad (3)$$

С учетом наличия нескольких видов издержек формула (3) примет вид

$$Z_i(t) = (I_{is} + I_{ia} + I_{ip} + I_{im})t + K_i, \quad (4)$$

где I_{is} – заработная плата обслуживающего персонала;

I_{ia} – амортизационные отчисления, равные 15% от капитальных затрат для энергетического оборудования, то есть $I_{ia} = 0,15$;

I_{ip} – стоимость потерь из-за несимметрии в трехфазной сети, порождаемые нагрузкой подстанции;

I_{im} – составляющая стоимости электрической энергии, обусловленная надбавкой к тарифу за несимметричную загрузку трехфазной сети.

Ориентировочное значение всех упомянутых экономических показателей взято из отчетов ОАО «РЖД» за последние 5 лет, опубликованные на официальном сайте, а также из справочника по эксплуатации тяговых подстанций и постов секционирования с поправочными коэффициентами [4]. Эти значения для существующего варианта подстанции на основе однофазных трансформаторов (вариант 1) и предложенного варианта (варианта 2) подстанции на основе трансформатора Скотта приведены в таблице.

Таблица – Экономические характеристики для предложенного варианта тяговой подстанции

Вариант	K_i , млн. руб.	I_{is} , млн. руб./год	I_{ia} , млн. руб./год	I_{ip} , млн. руб./год	I_{im} , млн. руб./год
1	24	1	3,6	0,5	5
2	36	1	5,4	–	–

На основании формулы (4) и таблицы получаем систему уравнений для расчета окупаемости предложенного варианта

$$Z_1(t) = (1 + 3,6 + 0,5 + 5)t + 24;$$

$$Z_2(t) = (1 + 5,4)t + 36.$$

Решение данной системы уравнений относительно t дает срок окупаемости предложенного варианта примерно три года.

Таким образом, предложенный вариант присоединения сети 110 кВ к сети 220 кВ с помощью трехфазно-двухфазных трансформаторов Скотта срок окупаемости, не превышающий допустимое в электроэнергетике значение 8 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Система тягового электроснабжения 2×25 кВ / Б.М. Бородулин, М.И. Векслер, В.Е. Марский, И.В. Павлов. -М.: Транспорт, 1989. -247 с.
- 2 Морозов, П.В. Моделирование электромагнитного влияния скоростных железных дорог на системы электроснабжения / П.В. Морозов, В.З. Манусов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2010. -№2. -С. 323-327.
- 3 Морозов, П.В. Метод уравнивания мощностей на вторичных обмотках трансформаторов Скотта / П.В. Морозов, В.З. Манусов // Изв. Том. политехн. ун-та. Энергетика. -Томск, 2012. -Т.320, №4. -С. 62-67.
- 4 Давыдов, И.К. Справочник по эксплуатации тяговых подстанций и постов секционирования / И.К. Давыдов, Б.М. Попов, В.М. Эрлих. -М.: Транспорт, 1987. -416 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *тяговая подстанция; трансформатор Скотта; трехфазная сеть; устройство уравнивания мощностей*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Морозов Павел Владимирович, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
Крепышев Илья Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»*

РАЗРАБОТКА ИТЕРАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
Тобольский филиал ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.В. Дёмин, Е.Ю. Кислицин, Г.В. Иванов, А.С. Лесных,
В.Г. Лесных, А.Г. Позднякова

DEVELOPMENT OF ITERACIONNOY METHOD OF CALCULATION OF PARAMETERS OF EARTHING DEVICE
«Novosibirsk state academy of water transport»
Tobolsk branch «Novosibirsk state academy of water transport»
Yu.V. Demin, E.Yu. Kislicin, G.V. Ivanov, A.S. Lesnih, V.G. Lesnih, A.G. Pozdnyakova

The iteracionnaya model of calculation of potentials is developed on the metal of zazemlitley and flowings down from them currents.

Keywords: earthing device, potential on a metal, digital equipment, electromagnetic compatibility

Разработана итерационная модель расчета потенциалов на металле заземлителей и стекающих с них токов.

Основное количество электроустановок страны построено в прошлом веке, когда широко использовалось достаточно надёжное электромеханическое оборудование. Как показала многолетняя эксплуатация, это оборудование менее чувствительно к электромагнитным помехам (ЭМП).

В настоящее время активно внедряются программно-технические комплексы, автоматизированные системы управления технологических процессов (АСУ ТП), автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) и микропроцессорные устройства. Они могут надёжно функционировать только в благоприятной электромагнитной обстановке (ЭМО), то есть должна быть обеспечена электромагнитная совместимость (ЭМС). Проблема электромагнитной совместимости возникает в связи с тем, что все звенья электроустановки находятся в электрической или электромагнитной связи. Имеют место различные пути электромагнитных влияний на электронную цифровую аппаратуру: гальваническая (металлическая), ёмкостная и магнитная (индуктивная) связи.

Электронная техника весьма требовательна к электромагнитной обстановке – к уровню электромагнитных полей, импульсных помех, качеству питания и заземления. Опасные влияния выявлены на большинстве электроустановок (80%), например, Амурэнерго, Бурятэнерго, Читаэнерго, энергообъектах Казахстана. Большая часть проблем связана с молниезащитой (40% объектов); потенциалами на устройствах (ЗУ) при коротких замыканиях (КЗ) в высоковольтной сети (35-40%); неудовлетворительное состояние связей в пределах ЗУ (25-20% объектов) [1].

Исследованиями Сибирского НИИ Энергетики на подстанциях 1150 кВ «Кокчетавская», 500 кВ «Амурская», 500 кВ «Заря» и др. установлено, что при коммутациях высоковольтного оборудования и коротких замыканиях, электромагнитные помехи, возникающие за счет потенциалов поступающих из цепи питания и мест заземления, являются доминирующими при воздействии на цифровую технику.

Обязательным условием использования любой цифровой техники является её сертификация по электромагнитной совместимости и электробезопасности согласно действующим стандартам: ГОСТ Р 50839-95; ГОСТ Р 50628-93 и ГОСТ Р 50377-92. Знание ЭМО необходимо, чтобы сформулировать рекомендации необходимые для обеспечения надёжной работы цифровых устройств.

Реконструкция подстанций, проводимая в настоящее время, должна в обязательном порядке предусматривать обследование технического состояния ЗУ электроустановок и приведение их в соответствие с техническими требованиями, как важнейшего фактора ЭМО. В то же время на всех этапах создания и реконструкции АСУ ТП от обследования, проектирования до реализации и её эксплуатации указанная проблема остаётся вне поля зрения специалистов и является актуальной.

Анализ причин помех и рекомендуемых мер защиты показал, что для повышения надёжности работы цифровой техники необходимо «одноточечное» заземление оборудования

- «спецзаземление».

Следовательно, главное требование к «спецзаземлению» заключается в выравнивании потенциалов на шинах всех опорных узлов с присоединенной к ним цифровой аппаратурой. Авторы Е.С. Колечицкий, М.В. Матвеев и др. [2, 3] не акцентируют внимание на надёжности работы заземляющего устройства (ЗУ) электроустановки, особенно в зоне одноточечного подключения. При этом не учитывается возможная коррозия элементов ЗУ, которая, как показывает практика, приводит к обрывам связи и усложнению ЭМО. Отмечается, что всегда наблюдаются параллельные (неконтролируемые) заземления.

Таким образом, необходимо детально исследовать «неэквипотенциальность» ЗУ и её влияние на ЭМО. При этом следует подчеркнуть, что максимальная «неэквипотенциальность» наблюдается при минимальном удельном сопротивлении грунта (10 Ом·м), но при этом отмечается и максимальная коррозия. Это подтверждается анализом на территории СНГ эксплуатационного состояния ЗУ и его влияния на распределение потенциалов.

В исследованиях М.В. Матвеева, В.Х. Ишкина, М.В. Солнцева отмечается [1-3], что перепад потенциалов между различными точками, например, для ЗУ ПС 500 кВ при пересчёте на реальные токи КЗ может достигнуть 5 кВ.

В Российской Федерации наблюдается тенденция более полной оценки важности учёта электромагнитной совместимости оборудования электроэнергетических систем. Однако, имеющиеся в литературе, данные разрознены и противоречивы.

В связи с изложенным, авторы выполнили следующий комплекс исследований [4]:

1 Разработали методику расчёта параметров электробезопасности заземляющих устройств, позволяющую на порядок увеличить число участвующих в работе элементов ЗУ.

2 Разработали методику расчёта потенциалов на металле стальных искусственных заземлителей и напряжений «до прикосновения» с учётом влияния помех (влияние неэквипотенциальности ЗУ; влияние нелинейности внутреннего продольного сопротивления и влияние частоты вводимого в ЗУ тока).

Воздействие искажающих факторов на параметры ЗУ проанализировано с помощью программы «Поток» Сибирского научно-исследовательского института энергетики (СибНИИЭ). Расчёты с учётом магнитного влияния токовой линии, например ВЛ, выполнялись с помощью программы «ВЛЗУ» (СибНИИЭ).

Результаты расчёта потенциалов на металле и напряжений «до прикосновения» с учётом влияния токового электрода приведены в таблице 1. В таблице 1 (ст.5) напряжение «до прикосновения» получилось отрицательным, что лишено физического смысла. Предложено вместо потенциала на поверхности металла брать потенциал грунта в непосредственной близости от поверхности металла.

Таблица 1 – Расчёт потенциалов на металле и напряжений «до прикосновения» с учётом расстояния до токового электрода (расчётный ток – 1А; Расчётная модель заземлителя: решётка – 100×100 м²; ячейка – 25×25 м²; удельное сопротивление грунта – 100 Ом·м; глубина решётки – 0,5 м; диаметр заземлителя – 4 см)

Вид расчёта	Потенциал на поверхности, В			Разность потенциалов, В	
	металла (точка 1)	грунта (вблизи точки 1)	грунта (точка 2)	5	6
1	2	3	4	5	6
Без учёта влияния токового электрода (ТЭ)	0,510	0,530	0,493	-0,020	0,017
С учётом влияния ТЭ, разнос 100 м	0,342	0,362	0,258	-0,020	0,084
С учётом влияния ТЭ, разнос 200 м	0,429	0,443	0,401	-0,014	0,028

Как показал анализ, расчёты напряжения «до прикосновения» вблизи узлов ячейки дают явно заниженные значения, а вблизи середины – завышенные. Причины этого кроются в методических погрешностях расчётной модели.

С целью повышения точности расчёта предложено использовать три варианта расчета.

1 Вариант. Рассчитывают три значения напряжения «до прикосновения» для искусственных заземлителей вблизи концевых узлов и около середины. Далее осредняют полученные значения (начало+середина) и (середина+конец).

2 Вариант. Рассчитывают потенциал на поверхности грунта и в ближайшей точке от поверхности искусственного заземлителя и определяют их разность.

3 Вариант (Способ однократного интегрирования). Определение поперечных сопротивлений элементов заземляющего устройства выполняется с помощью однократного интегрирования по длине элемента на начальный и конечный узлы – с последующим осреднением. В этом случае расчёты U_{3y} и U_e выполняются идентично, что позволило снизить погрешность до 10%.

Предложенный способ расчёта даёт приемлемую точность для ограниченного числа рассчитываемых элементов ЗУ (обычно закладывается в расчёт не более 100-200 элементов, хотя фактически их величина на крупных подстанциях достигает несколько тысяч). Предложен переход на расчёты параметров ЗУ с помощью итерационных методов решения, позволяющих увеличить число участвующих в работе элементов ЗУ до нескольких тысяч.

Эквипотенциальное ЗУ. Расчёт эквипотенциального ЗУ сводится к решению системы уравнений

$$\begin{cases} \|R_{jj}\| \times \|I_j\| = U_0; \\ \sum_{j=1}^N \bar{I}_j = I_0. \end{cases} \quad (1)$$

где R_{jj} – собственные и взаимные сопротивления растеканию;

I_j – стекающие с элементов (поперечные токи);

I_0 – вводимый в заземлитель ток;

U_0 – общий потенциал заземлителя.

На первом шаге итерации токи с элементов принимаются равными $\bar{I}_j^{(1)} = I_0/N$ подсчитывается среднее значение потенциала

$$U_0^{(1)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i^{(1)}. \quad (2)$$

Далее находятся разности потенциалов $(U_i^{(1)} - U_0^{(1)})$, в соответствии с которыми корректируются токи

$$\Delta \bar{I}_i^{(1)} = \frac{0,5(U_i^1 - U_0^1)}{R_{ii}}. \quad (3)$$

После этого проводится следующий цикл итераций пока величина потенциала на каждом элементе $U_i^{(p)}$ не совпадёт с их средним значением $U_0^{(p)} \cong U_0$ с заданной точностью. Число итераций для 1250 элементов не превышает 10. Определив величину стекающих с элементов токов, рассчитывают напряжения «до прикосновения».

Неэквивалентное ЗУ. При расчёте неэквивалентного ЗУ решается следующая система уравнений

$$\begin{cases} \|R_{jj}\| \times \|I_j\| = \|U_i\|; \\ \sum_{j=1}^N \bar{I}_j = I_0, \end{cases} \quad (4)$$

$$U_i = \frac{(U_i^H - U_i^K)}{2}; \quad \bar{I}_i = I_i^H - I_i^K,$$

где U_i^H, U_i^K – потенциалов в начальном и конечном узле i -го элемента;

I_i^H, I_i^K – продольные токи в начале и в конце i -го элемента.

Вводится вторая система уравнений, связывающая падение напряжений \bar{U}_i с продольными сопротивлениями и токами.

Пренебрегая индуктивными связями между элементами ЗУ, находят сопротивление

$$\|Z_{ii}\| \times \|I_i\| = \|\bar{U}_i\|, \quad (5)$$

где Z_{ii} – суммарное продольное сопротивление i -го элемента

$$I_i = \frac{(I_i^H + I_i^K)}{2}; \quad \bar{U}_i = U_i^H - U_i^K.$$

Совместное решение системы уравнений (4) и (5) выполняется способом узловых потенциалов.

При итерационном способе расчёты для n -го узла запишутся в виде

$$U_n^{(1)} \times \sum_{i=1}^4 \left(G_i + \frac{g_i}{4} \right) - \sum_{i=1}^4 \left(G_i - \frac{g_i}{4} \right) \times U_i = I_0, \quad (6)$$

где G_i – суммарное продольное сопротивление i -го элемента, примыкающему к n -му узлу;

g_i – поперечная проводимость i -го элемента;

U_i – потенциал на противоположном от n -го узла конце этого элемента;

i – число примыкающих элементов (не более 4-х).

Положив на первом итерационном цикле $U_i = U_0$ (то есть как на эквипотенциальном ЗУ), получим первое приближение для значения входного потенциала ЗУ

$$U_n^{(1)} = \frac{I_0 + U_0 \times \sum_{i=1}^4 \left(G_i - \frac{g_i}{4} \right)}{\sum_{i=1}^4 \left(G_i + \frac{g_i}{4} \right)}. \quad (7)$$

Далее определяются потенциалы $U_i^{(1)}$ на противоположных от n -го узла концах i -ых элементов по уравнению

$$U_i^{(1)} = \frac{U_n^{(1)} \times \sum_{i=1}^4 \left(G_i - \frac{g_i}{4} \right) + U_0 \times \sum_{i=1}^4 \left(G_i - \frac{g_i}{4} \right)}{\left(G_i + \frac{g_i}{4} \right) + \sum_{j=1}^3 \left(G_j + \frac{g_j}{4} \right)}, \quad (8)$$

Таблица 2 – Значения стекающих токов \bar{I}_i , мА, и узловых потенциалов U_m , мВ

Эквипотенциальная расчётная модель ($\rho_z = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)			Неэквипотенциальная расчётная модель ($\rho_z = 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)		
токи	аналитическое решение	итерационное решение	потенциалы	аналитическое решение	итерационное решение
\bar{I}_1	17,11	17,09	U_1	58,55	58,51
\bar{I}_2	18,31	18,37	U_2	52,58	52,70
\bar{I}_3	21,62	21,65	U_3	51,10	51,26
\bar{I}_4	22,76	22,79	U_4	50,61	50,79
\bar{I}_5	29,59	29,47	U_5	50,12	50,30
\bar{I}_6	34,97	34,82	U_6	49,70	49,87

Предлагаемая итерационная модель проверялась на решётчатом ЗУ площадью $100 \times 100 \text{ м}^2$; с ячейками $25 \times 25 \text{ м}^2$. Расчёты выполнялись для удельных сопротивлений грунта – $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (эквипотенциальный заземлитель) и $10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (неэквипотенциальный заземлитель). Данные таблицы 2 свидетельствуют о достаточно высокой сходимости результатов аналитических и итерационных расчётов.

Выводы.

1 Разработана итерационная модель расчета параметров заземляющего устройства, позволяющего существенно (на порядок) увеличить число учитываемых в расчете элементов.

2 Показана высокая сходимость аналитических и итерационных расчетов для эквипотенциальных и неэквипотенциальных расчетных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Мероприятия, повышающие бесперебойность электроснабжения и электромагнитную совместимость промышленных и бытовых потребителей / Е.Ю. Кислицин [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: сб. материалов VI междунар. науч.-практ. интернет конф. -Орел, 2008. -С. 70-73.

2 Матвеев, М.В. Электромагнитная обстановка на объектах определяет ЭМС цифровой аппаратуры / М.В. Матвеев // Новости электротехники. -2002. -№1/2(13/14). -С. 15-16.

3 Спецзаземления программно-технических комплексов АСУ ТП современных энергоблоков / Е.С. Колечицкий [и др.] // Электр. станции. -2006. -№1. -С. 56-61.

4 Влияние электромагнитных помех на параметры электробезопасности заземляющих устройств электроустановок и на электромагнитную обстановку / Е.Ю. Кислицин [и др.]; под общ. ред. Ю.В. Демина. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2007. -22 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: заземляющее устройство, потенциал на металле, цифровое оборудование, электромагнитная совместимость

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Кислицин Евгений Юрьевич, канд. техн. наук, директор Тобольского филиала ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент Тобольского филиала ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Лесных Алексей Станиславович, канд. техн. наук, ст. преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Лесных Валентина Григорьевна, ст. преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Позднякова Анастасия Геннадьевна, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
626150, Тюменская область г. Тобольск, ул. Ремезова, 72а, Тобольский филиал ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»
ОАО «Ангарский электролизный химический комбинат»**

В.З. Манусов, Е.С. Третьякова

THE APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR THE OPTIMAL PLACEMENT OF REACTIVE POWER SOURCES AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISES
«Novosibirsk state technical university»
«Angarsk electrolysis chemical complex»
V.Z. Manusov, E.S. Tretyakova

The problems of reactive power compensation in EPS and SEE. Calculations of power of the IWW and the optimal location point by means of the use of the methods of genetic algorithms in optimization of choice of the IWW.

Keywords: reactive power compensation, genetic algorithms, optimal selection, industry

Рассмотрены вопросы компенсации реактивной мощности в ЭЭС и СЭЭ. Выполнены расчеты мощности ИРМ и определены оптимальные точки размещения по средствам использования методов генетических алгоритмов. Показана возможность эффективного использования генетических алгоритмов в задачах оптимизации выбора ИРМ.

Полная мощность, передаваемая от генераторов электростанций к электропотребителям, состоит из передаваемой активной составляющей и неактивных составляющих мощности, к которым можно отнести реактивную мощность, мощности искажения и несимметрии. Неактивные составляющие мощности отрицательно влияют на режимы работы электрической сети и показатели качества электроэнергии. В частности, реактивный ток дополнительно загружает линии электропередачи и трансформаторы, влияет на уровни напряжения у потребителя, а также приводит к увеличению потерь активной и реактивной мощности. Полезную работу совершает только активная составляющая полной мощности. Реактивная мощность, мощности искажения и несимметрии полезной работы не выполняют, потому должны быть исключены. Для компенсации реактивной мощности применяют различного вида источники реактивной мощности (ИРМ).

Результаты приведенные в [1] показывают, что при установке ИРМ на 0,4 кВ величина токов линии уменьшается и позволяет увеличить передачу активной мощности на 21%, при установке ИРМ на 10 кВ величина токов линии уменьшается и позволяет увеличить передачу активной мощности на 8%. Таким образом, компенсация реактивной мощности необходима на всех уровнях напряжения.

В настоящее время вопросы компенсации реактивной мощности и уровень компенсации нормируются приказом Минпромэнерго РФ №49 от 22.02.07 г. [2]. Этим приказом соотношение потребления активной и реактивной мощностей $\tan\varphi$ в точке присоединения потребителей электрической сети устанавливается для напряжения 110 кВ – 0,5; для 6, 20, 35 кВ – 0,4; для 0,4 кВ – 0,35.

Проблема компенсации реактивной мощности в электроэнергетических системах (ЭЭС) и в системах электроснабжения (СЭС) представляет собой в общем виде многомерную и мультимодальную, сложную в алгоритмическом плане задачу. Для ее решения не существу-

ет универсального метода, который позволял бы за короткое время найти решение достаточно близкое к оптимальному. В связи с этим необходимо найти такой подход, который в лучшей степени отвечал бы требованиям, предъявляемым к решению такого рода задач и учитывал бы их дискретность. Одним из решений может быть применение генетических алгоритмов для определения оптимальных точек размещения и выбора мощности ИРМ.

Генетический алгоритм представляет собой именно такой достаточно универсальный комбинированный метод определения некоторого оптимума. Механизмы скрещивания и мутации, с одной стороны, в некотором смысле отражают переборную сущность метода, что позволяет использовать его в любых задачах имеющих комбинаторную природу. С другой стороны, генерацию альтернатив и лучших решений заменяет градиентный метод, что в совокупности обеспечивает достаточно высокое быстродействие алгоритма и устойчивую эффективную процедуру генетического поиска для любых видов современных оптимизационных задач.

Генетические алгоритмы в своих разных модификациях нашли достаточно много разнообразных применений для решения многих научных и технических проблем. Применение современных интеллектуальных технологий позволяет реализовать весьма мощные, эффективные и практически целесообразные алгоритмы оптимизации, к которым в полной мере относятся генетические алгоритмы.

В электроэнергетике, главным образом за рубежом, предпринимаются попытки на основе генетических алгоритмов решать задачи, связанные с оптимизацией развития и функционирования ЭЭС, а также с их управлением. При этом убедительно доказано, что любые оптимизационные задачи могут быть эффективно решены с использованием методов генетического поиска [3]. В этом случае генетические алгоритмы позволяют оперировать как с дискретными (двоичными и целочисленными) переменными, определяющими места установки новых источников реактивной мощности, так и с непрерывными переменными, определяющими мощность конденсаторных установок.

Существенной особенностью рассматриваемого подхода является использование генетических алгоритмов в комбинации с классическими методами. Таким примером является оптимизация режимов ЭЭС и СЭС по реактивной мощности. Оптимальное планирование режимов по реактивной мощности состоит в определении местоположения и мощности компенсирующих устройств, установка которых обеспечивает минимальные затраты при некоторых заданных ограничениях на режимные параметры. Решение задачи должно обеспечить максимальный экономический эффект при соблюдении технических условий, обеспечивающих нормальный режим работы электрических сетей промышленных предприятий и систем, а также всех электроприемников. В ряде случаев целесообразно рассматривать отдельно проектную постановку задачи, когда рассматривается задача оптимального размещения и мощность ИРМ и эксплуатационную – выбор оптимального значения ИРМ по условию минимизации суммарных потерь активной мощности.

Кратко сущность и механизм работы может быть представлен двумя способами:

- 1) вызов функции генетических алгоритмов;
- 2) использование комплекса Genetik Algorithm Tool.

Оба способа представлены в числе стандартного набора функций и модулей в среде Matlab.

Авторами было выбрано программное обеспечение в среде Delphi, так как оно представляет большие возможности для реализации генетических алгоритмов, имеет более простой интерфейс и дает лучшую визуализацию.

Расчетный алгоритм включает в себя несколько отдельных процедур:

- формируется конфигурация сети;
- генерируется случайным образом мощность компенсирующего устройства от 0 до максимальной реактивной мощности узла, где предполагается установка ИРМ, так как нет необходимости ставить мощность больше потребляемой мощности этого узла.

Затем рассчитывается коэффициент реактивной мощности, установленный энергоснабжающей организацией, на границе балансовой принадлежности.

Если же условие выполняется, то найденное решение является оптимальным, если нет, то решение задачи переходит на следующий этап. На этом этапе применяются операторы генетических алгоритмов.

Предложенная генетическим алгоритмом оптимизация ИРМ формируется следующим

образом:

1 Формирование начальной популяции путем случайной генерации в диапазоне допустимых значений. Хромосома решений состоит из вещественных переменных реактивной мощности ИРМ, а также мест размещения.

2 Жизненный цикл популяции реализуется в виде наборов генетических операторов:

- выбор родительской пары из набора хромосом с помощью оператора «турнир»;
- скрещивание выбранных хромосом с целью получения новых решений с вероятностью P_{cr} и двухточечного кроссовера;
- мутация одного случайного гена каждой хромосомы с определенной вероятностью;
- расчет целевой функции для хромосом новой популяции и отбор хромосом с минимальным значением целевой функции.

3 Проверка условия окончания цикла, как максимальное количество поколений. При выполнении условия, а именно снижение коэффициента реактивной мощности до требуемого уровня, работа алгоритма завершена, иначе возвращение к п. 2.

Главной особенностью указанного алгоритма и его новизной является использование на каждом шаге мутации нового поколения расчета установившегося режима и вычисление на его основе режимных параметров и целевой функции.

Расчеты были выполнены для одного из цехов ОАО «Ангарский электролизный химический комбинат». Так как предприятие энергонасыщенное и в себестоимости продукции 10% составляют затраты на электрическую энергию, то проблема компенсации реактивной мощности актуальна.

По выполненным расчетам для промышленного предприятия было произведено сравнение с расчетами по методу Лагранжа.

Сравнительный анализ показал, что для достижения необходимого коэффициента реактивной мощности по методу Лагранжа необходимо устанавливать 1594 кВар в пяти узлах системы электроснабжения, а с помощью генетического алгоритма та же цель достигается установкой 1330 кВар. Экономия составляет 264 кВар, то есть 16%. Кроме того, проведенный сравнительный анализ показывает, что по данному алгоритму обеспечиваются минимальные затраты на компенсацию реактивной мощности необходимые для соблюдения условий с энергосетевой компанией. При этом благодаря данному алгоритму компенсируется именно столько реактивной мощности, сколько необходимо для соблюдения договора, а не значительно больше, как при упрощенном расчете. Наряду с этим, анализ быстродействия алгоритмов показывает, что с увеличением количества узлов ресурс расходования времени традиционного метода нелинейного программирования возрастает нелинейно существенно быстрее, чем при генетическом алгоритме.

Резюмируя сказанное, эффективность применения генетического алгоритма в задаче оптимального размещения ИРМ в ЭЭС и СЭС доказываются следующими положениями:

- универсальностью подхода, который позволяет определить достаточно быстро точное решение сложных задач, имеющих многомерный и мультимодальный характер;
- отсутствием требований к непрерывности, дифференцируемости расходных характеристик электростанций;
- реализацией генетическим алгоритмом простой, но достаточно эффективной схемы вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кочкин, В. Реактивная мощность в электрических сетях. Технологии управляемой компенсации / В. Кочкин // Новости электротехники. -2010. -№4(64).

2 О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения): приказ Минпромэнерго РФ от 22 февр. 2007 г. №49.

3 Манусов, В.З. Применение гибридного генетического алгоритма для оптимального распределения реактивной мощности / В.З. Манусов, Д.А. Павлюченко //Электроенергетика: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск, 2000. -С. 23-30.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *компенсация реактивной мощности, генетические алгоритмы, оптимальный выбор, промышленные предприятия*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «НГТУ», аспирант Третьякова Елена Семеновна, инженер-энергетик, ОАО «АЭХК»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»
665816, Иркутская область, г. Ангарск, ул. 14 Декабря, 22, ОАО «АЭХК»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛАСТИН НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КУЛЬТИВАТОРА

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»

В.Г. Ляпин, Д.С. Болотов

RESEARCH OF INFLUENCE OF DIELECTRIC PLATES ON THE ELECTRIC FIELD OF ELECTRODE SYSTEM OF THE ELECTROTECHNOLOGICAL CULTIVATOR

«Novosibirsk state agrarian university»

V.G. Lyapin, D.S. Bolotov

The technique of research of an electric field of electrode system of an electrotechnological cultivator is offered by means of software package Elcut. Results of research of influence of dielectric plates on distribution of potential and intensity of an electric field along a strip of capture of electrode system and behind its limits are resulted.

Keywords: electrotechnological cultivator, electric field, electrode, dielectric plate, potential, intensity

Предлагается методика исследования электрического поля электродной системы электротехнологического культиватора при помощи программного пакета Elcut. Приводятся результаты исследования влияния диэлектрических пластин на распространение потенциала и напряженности электрического поля вдоль полосы захвата электродной системы и за её пределами.

Несмотря на значительные усилия, направленные на разработку электродов в электро-технологиях, недостаточно внимания уделялось исследованию поведения электрических полей (ЭП) в электродных системах (ЭС) с различной формой электродов и конструктивных средств. В электротехнологиях [1, 2] эффективны средства управления ЭП, которые можно использовать в электротехнологических культиваторах (ЭТК) [3] и классифицировать согласно таблице 1: использующие выбор режима или параметров источника питания; заложенные в конструкции ЭС; определяемые электротехнологическим процессом. При электрокультивации многие эффективные средства управления ЭП, применяемые в стационарных электротехнологических установках, не могут быть реализованы, но можно использовать специализированные средства [4]: специальные формы электродов (зигзагообразная, волнообразная и др.); изменение угла между осями электродов и растений; использование электродов с магнитопроводами и катушками или конденсаторами и др.

Таблица 1 – Классификация средств управления электрическими полями в электродных системах электротехнологических культиваторов

Средства управления	Варьируемые параметры
Параметры источника питания	Частота тока
	Мощность
	Число фаз
Конструктивные средства ЭС	Число, размер и форма электродов
	Токо- и магнитопроводы, концентраторы и контроллеры ЭП
	Дополнительные средства управления
Конструктивные средства ЭТК	Электромагнитные экраны

Одним из перечисленных выше способов управления распространением ЭП ЭТК является конструктивные средства ЭС, в частности диэлектрические пластины (ДП) – экраны, препятствующие распространению ЭП в определенном направлении. Выбор необходимого и достаточного средства управления ЭП может быть сделан только после того, как будет ясно, в каком месте его следует применять. Это сложный процесс получения, рассмотрения и анализа пространственной картины или карты ЭП исследуемого объекта. В общем случае анализу следует подвергать как внешнее открытое ЭП, так и внутреннее закрытое. Поэтому при электрическом повреждении растений ЭТК [1] возникает необходимость оценки локального распределения ЭП с учётом сложной геометрии и нелинейных физических свойств материалов в ЭП – растительных тканей, почвы, воздушной, а также конструкционных сред ЭС. В ЭС ЭТК распределение ЭП имеет сложный характер даже в межэлектродном промежутке, где его можно экспериментально определить. Одним из источников получения информации об ЭП в биологических, почвенных, воздушных и конструкционных средах является физиче-

ское моделирование ЭП ЭС ЭТК в программных пакетах на ЭВМ. В России наиболее распространенным и недорогим является пакет Elcut, функциональные возможности которого позволяют проводить анализ распространения ЭП ЭС ЭТК в почвенной среде.

Для оценки влияния диэлектрических материалов на распространение потенциала φ и напряженности E ЭП ЭТК в среде программного пакета Elcut 5.6 проведён эксперимент по определению зависимости φ и E ЭП от расположения ДП в ЭС. Рассмотрены девять вариантов размещения фарфоровых ДП относительно фазного и нулевого электродов. В таблице 2 ДП представлены темным цветом, электроды – серым, ширина захвата ЭС, то есть длина электродов 30 см, диаметр 10 мм, толщина ДП 10 мм. Фазный (слева) и нулевой (справа) электроды размещены на расстоянии 21 см друг от друга, напряжение между электродами 2,5 кВ. Электропроводность почвы принята равной 0,01 См/м, ДП – 10^{-13} См/м.

Таблица 2 – Варианты размещения ДП относительно электродов ЭТК

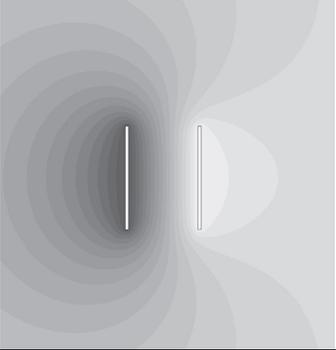
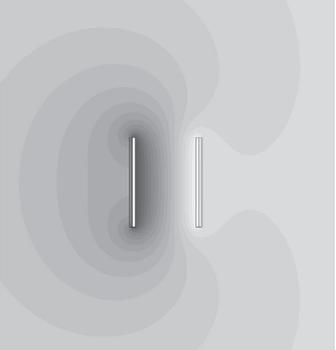
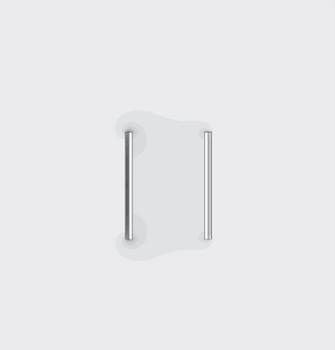
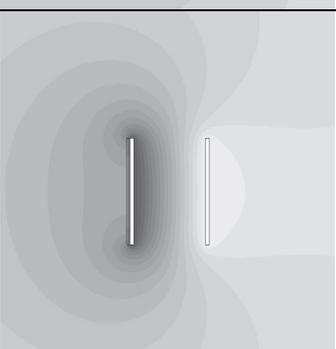
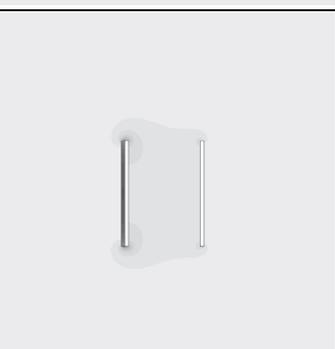
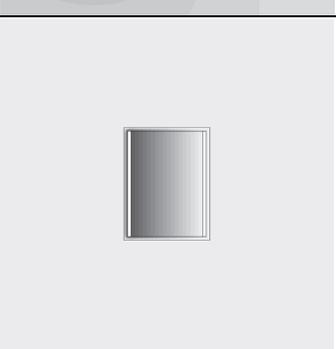
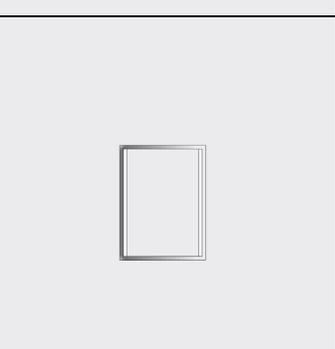
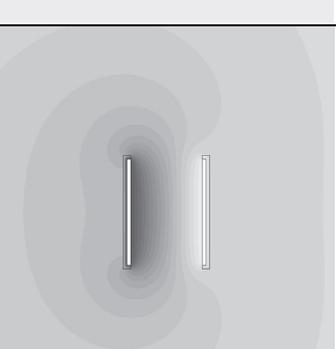
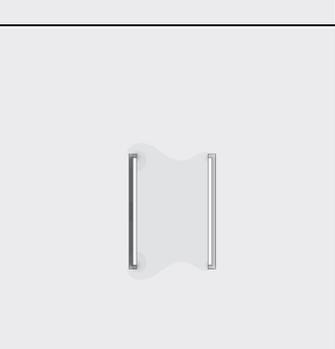
Обозначение варианта	Геометрия ЭС с ДП	Изоляция электродов и ЭС	Обозначение варианта	Геометрия ЭС с ДП	Изоляция электродов и ЭС
B1		–	B6		торцов и боковой части фазного электрода
B2		боковых частей ЭС	B7		торцов электродов
B3		боковой части фазного электрода	B8		торцов ЭС
B4		торцов и боковых частей ЭС	B9		торцов фазного электрода
B5		торцов и боковых частей электродов			

Зависимости φ и E ЭП фиксировались по координатам y (рисунок 1а) и x (рисунок 1б), характеризующим изменение данных величин, соответственно, за пределами и вдоль полосы захвата ЭС ЭТК. В таблице 3 приведены картины распространения потенциала и напряженности, рисунке 2 – зависимости φ и E по y , а в таблице 4 – по x ЭП ЭС ЭТК.



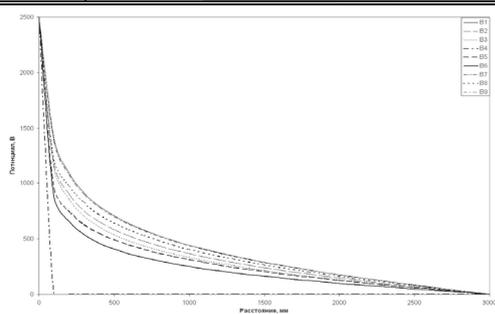
Рисунок 1 – Анализируемые а и б направления распространения ЭП ЭТК, соответственно, за пределами (по координате y) и вдоль (по x) полосы захвата ЭС

Таблица 3 – Рисунок 2 – Эквипотенциальные линии и картины напряженности ЭП модели ЭС ЭТК в пакете Elcut 5.6

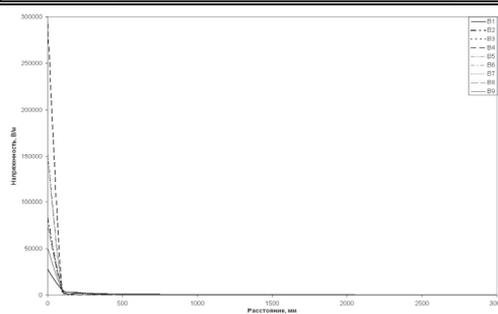
Вариант	Эквипотенциальные линии	Картины напряженности
В1		
В2		
В3		
В4		
В5		

Продолжение таблицы 3

Вариант	Эквипотенциальные линии	Картинки напряженности
В6		
В7		
В8		
В9		



а)



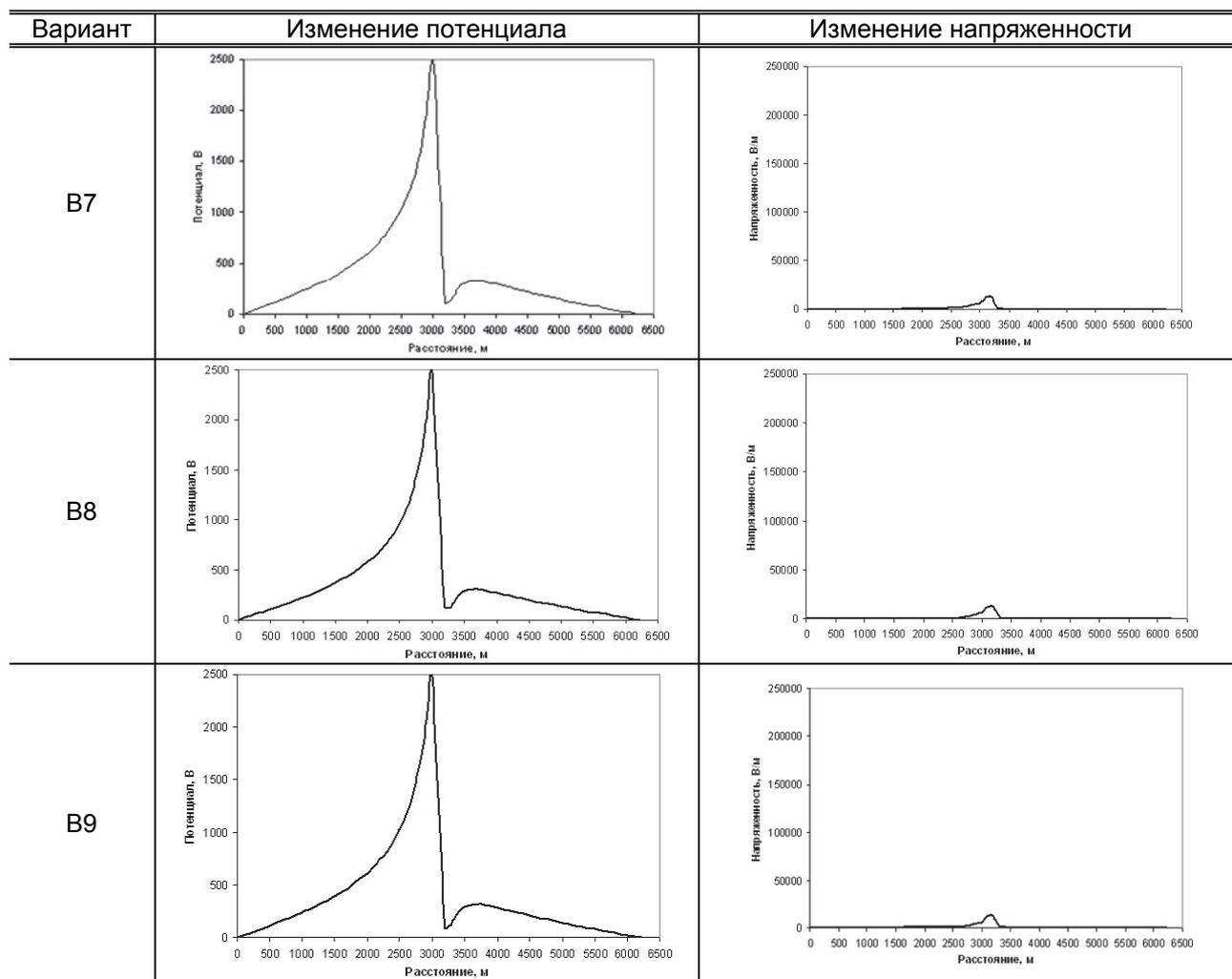
б)

Рисунок 2 – Изменение потенциала (а) и напряженности (б) ЭП ЭС ЭТК по координате y

Таблица 3 – Изменение потенциала и напряженности ЭП ЭС ЭТК по координате x

Вариант	Изменение потенциала	Изменение напряженности
В1		
В2		
В3		
В4		
В5		
В6		

Продолжение таблицы 3



Анализируя картины распространения φ (рисунок 2) и E (рисунок 3) ЭП при различных вариантах размещения ДП относительно электродов и ЭС, а так же изменения φ и E за пределами (рисунок 4) и вдоль (рисунок 5) полосы захвата ЭС ЭТК, можно сделать следующие выводы:

1 Значительное распространение φ за пределами и в полосе захвата ЭС ЭТК с низким уровнем E до 25 кВ/м наблюдается в варианте без ДП.

2 Концентрированное действие (с позиции распространения φ) с максимальной E ЭП порядка 300 кВ/м создает ЭТК с изоляцией ДП ЭС по ее наружному периметру.

3 В остальных вариантах размещения ДП среднее значение E ЭП ЭС ЭТК составляет 50-150 кВ/м.

4 Изменения φ в вариантах без изоляции (В1) и с изоляцией торцов электродов (В7), ЭС (В8), фазного электрода (В9) аналогичны. В данных вариантах E ЭП минимальна, составляет 20 кВ/м, так как ДП размещены в торцах или отсутствуют, то есть боковые части электродов и ЭС не экранированы.

5 Изменения φ в вариантах с изоляцией боковых частей ЭС (В2), фазного электрода (В3), торцов и боковых частей электродов (В5), торцов и боковой части фазного электрода (В6) аналогичны. В отличие от ЭС без изоляции (В1) в данных вариантах наблюдается снижение φ в областях 0-3 м и 3,22-6,22 м от ЭС из-за изоляции боковой части фазного электрода, E ЭП составляет 80 и 170 кВ/м. Изоляция боковой части нулевого электрода не оказывает значительного влияния на изменения φ и E ЭП ЭС ЭТК.

6 Результаты моделирования показывают, что экранированием ЭС диэлектрическим материалом можно существенно управлять E в межэлектродном промежутке и увеличивать эффективность электрического повреждения растительности. Экранирование торцов ЭС

снижает распространение φ и E за пределами полосы захвата ЭС, соответственно, энергозатраты электротехнологии и негативные действия на биологические организмы, находящиеся вне полосы захвата, в частности это ведёт к повышению электробезопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Современные энергосберегающие электротехнологии / Ю.И. Блинов [и др.]; С.-Петерб. гос. электротехн. ун-т им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ». -СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. -548 с.
- 2 Баранов, Л.А. Светотехника и электротехнология / Л.А. Баранов, В.А. Захаров. -М.: КолосС, 2006. -344 с.
- 3 Ляпин, В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. -Новосибирск, 2000. -106 с.
- 4 Ляпин, В.Г. Энергосберегающее управление ЭМП электротехнологических культиваторов / В.Г. Ляпин, А.И. Инкин // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: тр. 5-й Междунар. науч-техн. конф. (16-17 мая 2006 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). -М., 2006. -Ч.2: Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. -С. 68-72.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *электротехнологический культиватор, электрическое поле, электрод, диэлектрическая пластина, потенциал, напряженность*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ляпин Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГАУ»
Болотов Денис Сергеевич, преподаватель ФГБОУ ВПО «НГАУ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, ФГБОУ ВПО «НГАУ»*

КООРДИНАЦИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ДО 35 кВ С ПОМОЩЬЮ СДВОЕННЫХ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Д.А. Шкитов

COORDINATION OF CURRENTS OF SHORT CIRCUIT IN ELECTRIC NETWORKS TO 35 kV BY MEANS OF DOUBLED CURRENT RESTRICTIONS REACTORS

«Novosibirsk state academy of water transport»

D.A. Shkitov

Results of research coordination of currents short circuit in electric networks to 35 kV, including methods them restrictions.

Keywords: electromagnetic hindrances, electromagnetic compatibility, the dual reactor, the scheme, transformer substation

Приводятся результаты исследования координации токов короткого замыкания в электрических сетях до 35 кВ, включая методы их ограничения.

Увеличение добычи на нефтегазовых месторождениях в Северных регионах России, вызывают необходимость расширения их энергоснабжения. Замкнутые электрические сети (далее сети) от 6 до 35 кВ этих объектов в наибольшей мере по сравнению с питающими от удалённых электроэнергетических систем (ЭЭС) сетями 110 кВ и выше, связаны с особенностями технологических процессов и характером воздействия окружающей среды. В этих сетях должны обеспечиваться уровни электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств для кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП) в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97 [1]. Научным направлением решения проблем ЭМС технических средств в региональных ЭЭС является подавление кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям. Однако, проблема ЭМС, обусловленная взаимодействием электромагнитных процессов производства, передачи, распределения и постоянно развивается, поэтому решены не все научные задачи, связанные с особенностями электрических сетей и режимами работы искажающих нагрузок. Необходимо учитывать особенности электротеплоснабжения промышленности, бытовых потребностей населения Сибири, Дальнего Востока и других отдалённых районов, включающие:

- высокие требования к бесперебойности электротеплоснабжения потребителей из-за суровых климатических условий и значительной протяжённости линий электропередачи;
- большие затраты на содержание производственной и социальной и социальной инфраструктуры [1-2].

Под координацией токов короткого замыкания (КЗ) следует понимать технико-экономическую задачу, решаемую в процессе проектирования электрической системы, её развития и эксплуатации, по согласованию: основных требований в отношении устойчивости системы, надёжности, качества электроэнергии, минимума потерь и др. с уровнями тока КЗ в отдельных частях системы, стоимостью электрооборудования с необходимыми параметра-

ми. Очевидно, задача координации токов КЗ включает в себя и рассмотрение методов их ограничения.

Максимальный уровень токов для сетей 35 кВ и выше ограничивается параметрами выключателей, трансформаторов, проводников и другого электрооборудования, условиями обеспечения устойчивости энергосистемы, а в сетях генераторного напряжения, в сетях собственных нужд и в распределительных сетях 3-20 кВ – параметрами электрических аппаратов и токопроводов, термической стойкостью кабелей, устойчивостью двигательной нагрузки.

Таким образом, уровень тока КЗ, повышающийся в процессе развития современной электроэнергетики, имеет в своем росте ряд ограничений, которые необходимо учитывать. Наиболее распространёнными и действенными способами ограничения токов КЗ являются: секционирование электрических сетей; установка токоограничивающих реакторов; широкое использование трансформаторов с расщеплёнными обмотками низшего напряжения.

В соответствии с задачами исследования осуществим ретроспективный анализ основных положений только токоограничивающих реакторов, которые раскрывают особенности этих специальных технических средств. Основная область применения реакторов – электрические сети напряжением 6-10 кВ. Иногда токоограничивающие реакторы используются в установках 35 кВ и выше, а также при напряжении ниже 1000 В.

В целях уменьшения потерь электроэнергии, габаритов распределительных устройств (РУ) рекомендуется применять сдвоенные токоограничивающие реакторы вместо одинарных. Эти реакторы подобны одинарным, но от средней точки обмотки имеется дополнительный вывод. В случае применения сдвоенных реакторов источник может быть присоединён к средней точке, а потребители – к крайним, или наоборот (рисунок 1).

Преимуществом сдвоенного реактора является то, что в зависимости от схемы включения и направления токов в обмотках индуктивное сопротивление его может увеличиваться или уменьшаться. Это свойство сдвоенного реактора обычно используется для уменьшения падения напряжения в нормальном режиме и ограничения токов при КЗ.

Ветви реактора выполняют на одинаковый номинальный ток $I_{ном}$, а средний вывод – на удвоенный номинальный ток ветви $2I_{ном}$. За номинальное сопротивление сдвоенного реактора принимают относительное сопротивление ветви обмотки при отсутствии тока в другой ветви

$$\begin{cases} x_p = x_e = \omega L; \\ x_p = x_e = \frac{x_e \sqrt{3} I_{ном}}{U_{ном}} 100\%, \end{cases} \quad (1)$$

где L – индуктивность ветви реактора (индуктивности ветвей в реакторе обычно равны между собой).

Особенности сдвоенного реактора определяются наличием магнитной связи между ветвями каждой фазы (взаимной индуктивности M). С учётом взаимной индуктивности потеря напряжения в ветви реактора при подключении источника к средней точке (рисунок 1) определится как

$$\Delta U_p = I_1 \omega L \sin \varphi - I_2 \omega M \sin \varphi. \quad (2)$$

Отсюда видно, что за счёт взаимной индуктивности потеря напряжения в сдвоенном реакторе меньше, чем в случае обычного реактора с таким же индуктивным сопротивлением. Это обстоятельство позволяет эффективно использовать сдвоенный реактор в качестве группового.

В процессе эксплуатации целесообразно стремиться к равномерной загрузке ветвей ($I_1 = I_2 = I$). Тогда для каждой из них будут созданы одинаковые условия

$$\Delta U_p = (I \omega L - I \omega M) \sin \varphi = I \omega L (1 - k_{св}) \sin \varphi, \quad (3)$$

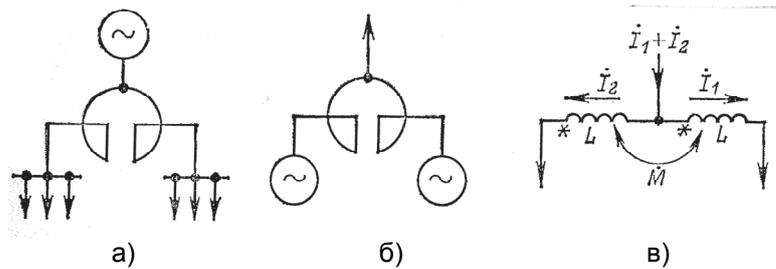


Рисунок 1 – Сдвоенный реактор: а) и б)-схемы включения; в)-электрическая схема

где $k_{св}$ – коэффициент связи обмоток реактора

$$k_{св} = M/L,$$

обычно выполняют реактор с $k_{св} = 0,4-0,6$.

Если $x_г = \omega L$, то в соответствии с (3) можно записать соотношение

$$x'_г = x_г(1 - k_{св}), \quad (4)$$

где $x'_г$ – индуктивное сопротивление ветви реактора с учётом взаимной индукции.

При $k_{св} = 0,5$ и, соответственно, сопротивлении $x'_г = 0,5x_г$ следует, что потеря напряжения в сдвоенном реакторе при указанных выше условиях получается вдвое меньше по сравнению с обычным реактором.

При расчёте токов КЗ сдвоенный реактор представляют трёхлучевой схемой замещения, показанной на рисунке 2.

Недостатком сдвоенного реактора при ограничении тока трёхфазного короткого замыкания является повышение напряжения на неповреждённой ветви при КЗ на другой ветви. Для уяснения этого положения представим, что на выводе 2 (рисунок 2) произошло трёхфазное КЗ. В этом случае напряжение на выводе 2 составляет

$$U_2 = 0.$$

На стороне питания (вывод 1) остаточное напряжение определяется по формуле

$$\Delta U_1 = x_г \frac{\sqrt{3}I_K}{U_{НОМ}} 100\%, \quad (5)$$

где I_K – начальное действующее значение периодической составляющей тока трёхфазного КЗ;

$x_г$ – индуктивное сопротивление каждой ветви при отсутствии тока в другой, Ом;

$U_{НОМ}$ – номинальное напряжение сети, В.

Остаточное напряжение на выводе 3 представляется математическим выражением

$$\Delta U_3 = x_г(1 + k_{св}) \frac{I_K}{I_H} \%, \quad (6)$$

где I_H – номинальный ток реактора, А;

$k_{св}$ – коэффициент связи обмоток реактора.

Значение остаточного напряжения (В) на выводе питания реактора по условиям работы потребителей должно соответствовать неравенству

$$\Delta U_1 > U_{кр}, \quad (7)$$

где $U_{кр}$ – критическое напряжение на шинах подстанции, соответствующее устойчивости потребителей по напряжению, В.

Чем больше величина ΔU_1 , тем меньше отражается КЗ на работе электроприёмников. Значение ΔU_1 по условиям работы потребителей должно быть не менее 65-70% от номинального напряжения сети.

Теперь оценим уровни ЭМС для кондуктивных ЭМП по коммутационному импульсному напряжению и временному перенапряжению на трансформаторной подстанции объекта исследования при трёхфазном КЗ. Электрическая схема трансформаторной подстанции 110/10 кВ приведена на рисунке 3.

Схема замещения цепи КЗ за реактором на выводе 2 приведена на рисунке 4.

Результирующее сопротивление схемы замещения

$$x_\Sigma = x_c + x_p, \quad (8)$$

где x_c – сопротивление сети до реактора, Ом.

Подставляя численные значения сопротивлений, получаем $x_\Sigma = 34$ Ом.

Значение периодической составляющей тока трёхфазного КЗ определяется по формуле

$$I_K = E_\phi / x_\Sigma, \quad (9)$$

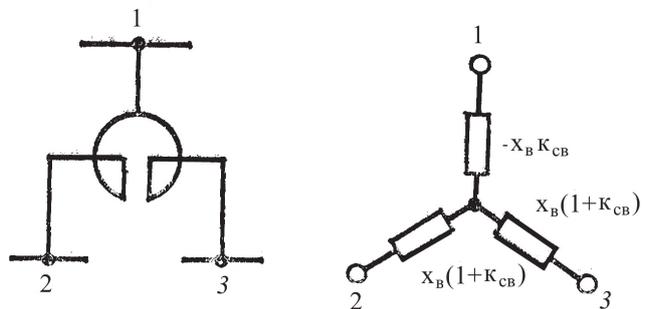


Рисунок 2 – Схема замещения сдвоенного реактора для расчёта токов КЗ

где E_ϕ – электродвижущая сила источника (фазное значение), приведённое к ступени, на которой рассматривается КЗ, $E_\phi = 6,3$ кВ.

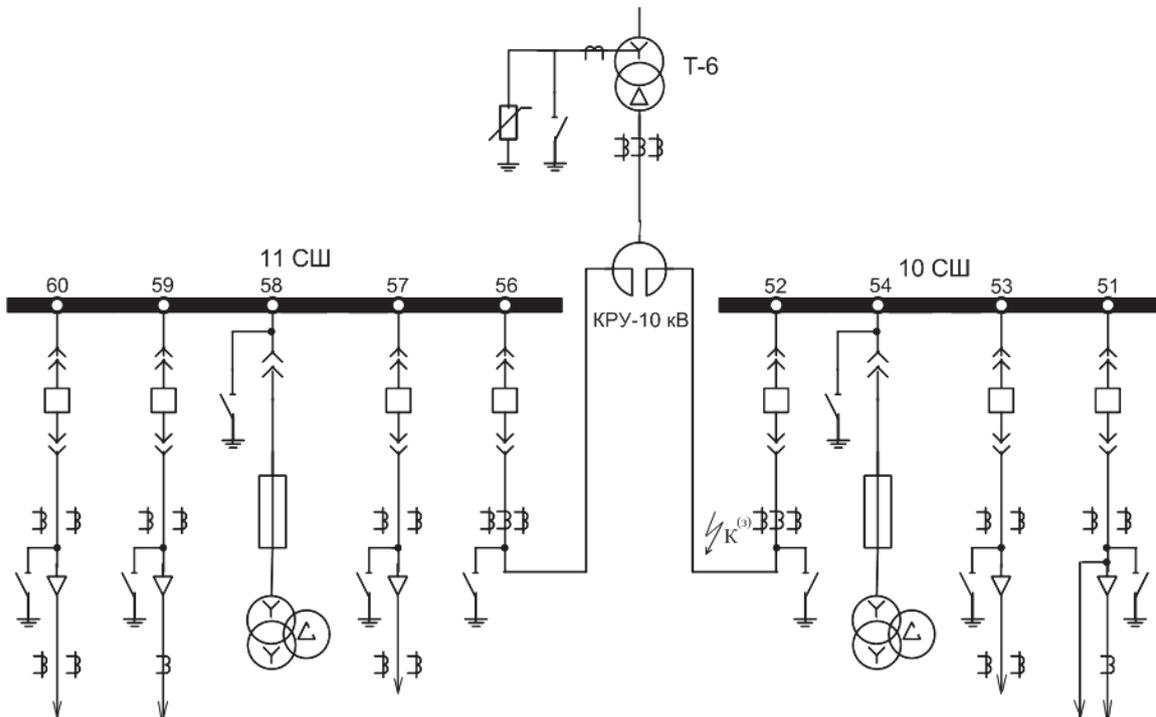


Рисунок 3 – Электрическая схема трансформаторной подстанции 110/10 кВ

Таким образом, было установлено:

- по формуле (9) $I_k = \frac{6,3}{0,34} = 18,5$ кА;
- по формуле (1) $x_p = x_e = \frac{0,2\sqrt{3} \cdot 2,5}{10,5} 100\% = 8,2$ %;
- по формуле (5) $\Delta U = 0,2 \frac{\sqrt{3} \cdot 18,5}{10} 100\% = 64$ %;
- по формуле (6) $\Delta U_3 = 8,2(1+0,46) \frac{18,5}{1,8} = 123$ %.

Таким образом, недостатки сдвоенного реактора, заключающиеся в повышении напряжения на неповрежденной ветви при трёхфазном КЗ на другой ветви до 123% от номинального значения и снижении напряжения до 64% на ветви со стороны питания, не являются критическими значениями для изоляции сети 10 кВ. Наиболее опасным является высокая вероятность нарушения нормального режима работы электроприёмников, если бы они были подключены к ветви реактора со стороны питания параллельно реактору из-за снижения напряжения на 36%. Однако, такие схемы на трансформаторной подстанции не встречаются.

Следовательно, расчётный уровень ЭМС технических средств для кондуктивных ЭМП по коммутационному импульсному напряжению и временному перенапряжению (до 1 с) удовлетворяет требованию ГОСТ 13109-97.

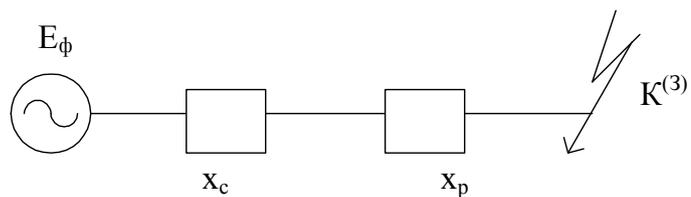


Рисунок 4 – Расчётная схема замещения цепи КЗ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Перспективы применения плавучих атомных станций для энергоснабжения прибрежных нефтегазовых объектов России и Казахстана / Д.А. Шкитов [и др.] // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 244-247.
 2 Автономные источники и преобразователи электрической энергии для потребителей северных регионов / С.В. Горелов [и др.] // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. -С. 239-243.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электромагнитные помехи, электромагнитная совместимость, сдвоенный реактор, схема, трансформаторная подстанция
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шкитов Денис Александрович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОРАЗМЕРНОСТЕЙ ВЫСОТЫ СТОПА КОРотКО-ХОДОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВТЯЖНОГО ТИПА

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Л.А. Нейман, А.А. Скотников

THE DETERMINATION OF THE RATIONAL PROPORTIONS OF THE HIGHT OF THE STOP IN SHORT-STROKE LINEAR ELECTROMAGNETIC RETRACTIVE-TYPE ENGINE
«Novosibirsk state technical university»
L.A. Neyman, A.A. Scotnikov

The results of research, obtained by finite element modeling of magnetic pole linear electromagnetic retractive-type engine, which allowed to establish rational stop values area in the studied short-stroke magnetic system, used in drive of strike machines.

Keywords: linear electromagnetic engine, stop hight rational proportions, anhor strike values, magnetic pole modeling

Приведены результаты исследований, полученные с помощью конечноэлементного моделирования магнитного поля линейного электромагнитного двигателя втяжного типа, позволившие установить область рациональных величин стопа исследуемых короткоходовых магнитных систем, используемых в приводе ударных машин.

Линейные электромагнитные двигатели (ЛЭМД) относятся к импульсным электромеханическим преобразователям и представляют самостоятельный класс электрических машин, принцип действия которых основан на взаимодействии магнитного поля катушки с ферромагнитным сердечником.

Широкая область применения и постоянно возрастающие перспективы развития ЛЭМД обусловлены большим разнообразием исполнительных устройств электромеханических систем с линейной траекторией движения рабочих органов, с различным характером приложения нагрузки за время рабочего цикла и возможностью регулирования выходных характеристик.

При выборе основных параметров ЛЭМД, определяющим его выходных характеристик, является оптимизация конфигурации магнитной системы. Существующие рекомендации по выбору рациональных размеров даны без учета величин начального и конечного рабочего воздушного зазора, обусловленного начальной глубиной внедрения якоря в катушку и высотой стопа, ограничивающих ход якоря.

Обоснование рациональных соизмерностей, определяющих конфигурацию магнитной цепи в заданном диапазоне перемещений якоря, и учитывающих насыщение стали, является актуальной задачей, решение которой позволит повысить удельные энергетические показатели и расширить функциональные возможности и области использования ЛЭМД.

В работе [1] рассмотрено влияние высоты стопа на характер тягового усилия, работоспособность системы значений начального и конечного тяговых усилий для ЛЭМД втяжного типа с комбинированным якорем. Однако рекомендации по выбору величины стопа ограничены возможностями эксперимента.

Исследования области рациональной высоты стопа ЛЭМД втяжного типа и рекомендации для проектирования получены с помощью конечноэлементного моделирования магнитного поля в программном пакете FEMM [2, 3].

Типовая конструкция ЛЭМД втяжного типа (рисунок 1) содержит буксу 1, магнитопровод 2 с размещенными внутри электромагнитной катушкой 3 и якорем 4, взаимодействующим с возвратным элементом 5. Участок буксы 1, выступающий внутрь электромагнитной катушки 3, определяет высоту стопа h_c .

Из рисунка 1 видно, что изменение высоты стопа или начальной глубины внедрения якоря в катушку оказывает влияние на величину максимального рабочего хода якоря, опре-

деляемого технологическим процессом. С другой стороны, положение указанных элементов конструкции магнитной системы относительно друг друга и магнитопровода во многом определяет энергетические показатели ЛЭМД.

Оптимизация высоты стопа ЛЭМД втяжного типа проведена на основании исследований статических тяговых характеристик, по которым устанавливались зависимости интегральной работоспособности в зависимости от установленной высоты стопа и начальной глубины внедрения якоря.

На рисунке 2 представлено семейство статических тяговых характеристик исследуемого ЛЭМД в диапазоне $h_c = 0-10$ мм. На первом этапе исследований для получения легко сопоставимых данных для ЛЭМД величина максимального рабочего зазора (хода якоря) принималась постоянной ($x = 20$ мм), а разница при изменении высоты стопа регулировалась за счет внедрения якоря в электромагнитную катушку (рисунок 1).

Из анализа полученных статических характеристик следует, что с увеличением высоты стопа конечное тяговое усилие ЛЭМД возрастает, при этом начальное тяговое усилие с увеличением высоты стопа уменьшается. Это позволяет сделать вывод, что по критерию максимального усилия в конце хода двигателя должны иметь большую высоту стопа, а по критерию максимального усилия в начале хода высота стопа должна быть минимальной.

Для сравнения эффективности магнитных систем были получены зависимости удельных значений интегральной работоспособности (рисунок 3) от высоты стопа в диапазоне заданных величин тока электромагнитной катушки, определяющего насыщение стальных участков. В соответствии с методикой [4] расчетная тяговая характеристика при помощи одномерной сплайн интерполяции представлялась в виде заданной аналитической функции, что позволило автоматизировать последующий процесс обработки данных в среде MathCad и снизить вероятность ошибки.

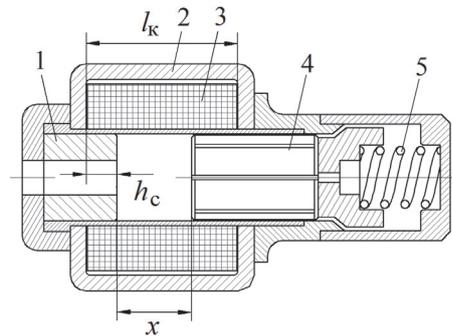


Рисунок 1 – Линейный электромагнитный двигатель втяжного типа

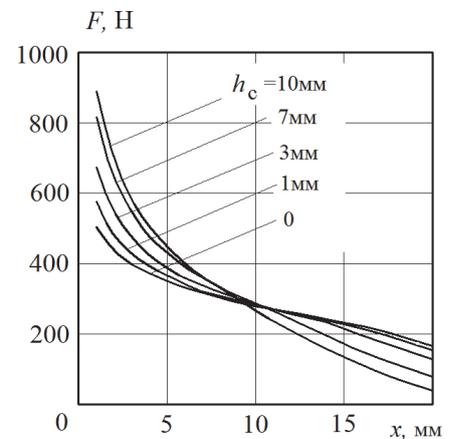


Рисунок 2 – Семейство статических тяговых характеристик ЛЭМД с различной высотой стопа

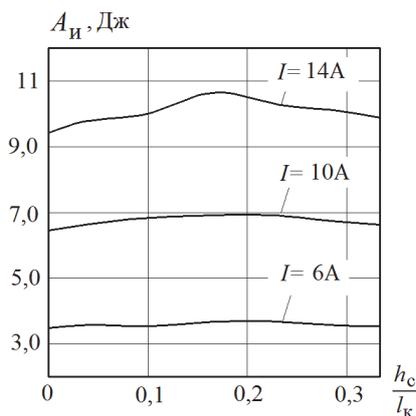


Рисунок 3 – Зависимости интегральной работоспособности в функции относительной высоты стопа ЛЭМД

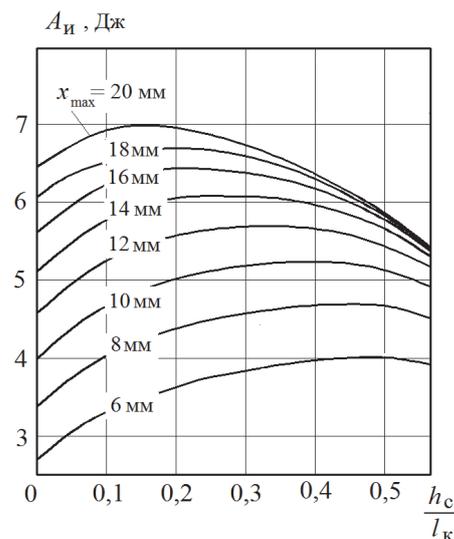


Рисунок 4 – Зависимости интегральной работоспособности ЛЭМД для различных величин начального воздушного зазора в зависимости от относительной высоты стопа

Анализ представленных на рисунке 3 кривых интегральной работоспособности показывает, что рациональная высота стопа по отношению к длине катушки при максимальном токе $I = 14$ А, составляет $h_c/\ell_k = 0,16$ (здесь ℓ_k -длина катушки). Область оптимальных значений при снижении величины тока катушки $I = 6$ А в заданном диапазоне смещается в область значений $h_c/\ell_k = 0,2$. При снижении величины тока, уменьшающего насыщение элементов магнитопровода, полученный максимум в функции высоты стопа, становится менее выраженным, расширяя область рациональных значений.

Зависимости удельных значений интегральной работы магнитных систем в функции высоты стопа для различных значений токов (рисунок 3) были получены при условии, что рабочий зазор при движении якоря в сторону буксы (см. рисунок 1) соответствовал возможному ходу якоря ($x = 20$ мм) для данной конструкции ЛЭМД.

Как уже было отмечено, величина рабочего хода якоря зависит не только от начальной глубины его внедрения в катушку, но и от высоты стопа.

Для полноты анализа на рисунке 4 приведены результаты исследований зависимости интегральной работоспособности двигателя от относительной высоты стопа.

Исследование проводилось в следующей последовательности: задавшись одним из значений относительного параметра $h_c/\ell_k = 0-0,5$ мм осуществлялся расчет усилия и построение статической тяговой характеристики, по которой для фиксированных значений хода якоря выполнялся расчет интегральной работоспособности системы.

Из зависимостей рисунка 4 видно, что определенному значению хода якоря соответствует вполне определенное значение соотношения h_c/ℓ_k , при котором интегральная работа может принимать максимальное значение. По результатам обработки полученных данных на рисунке 5 показана область рациональных относительных значений высоты стопа в зависимости от величины хода якоря. Границы области этих значений определены с учетом влияния насыщения материала магнитопровода при значениях тока в катушке относительно номинального значения $I = (0,6...1,4)I_n$.

При проектировании ЛЭМД устройств ударного действия из условия выигрыша максимальной энергии в объеме выбор рациональных соотношений высоты стопа должен осуществляться с учетом величины рабочего хода якоря, а также насыщения стали магнитопровода.

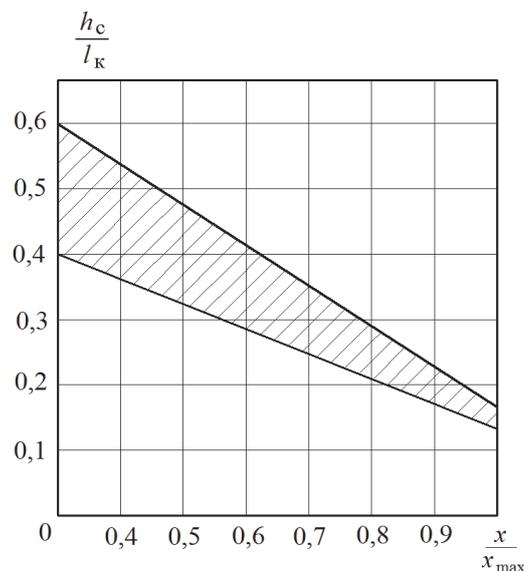


Рисунок 5 – Область рациональных соотношений высоты стопа в зависимости от относительной величины хода якоря

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Львицин, А.В. Силовые приводные электромагниты цилиндрической структуры с высокими удельными показателями / А.В. Львицин, Г.Г. Угаров, В.Н. Федонин // Электромагнитные машины ударного действия: сб. науч. тр. / под общ. ред. Н.П. Ряшенцева. -Новосибирск, 1978. -С. 27-34.
 2 Neyman, V.Yu. Calculation of Efficiency of a DC Power Electromagnet for Mechanotronic Systems / V.Yu. Neyman, L.A. Neyman, A.A. Petrova // IFOST 2008: Proceedings of the 3d International Forum on Strategic Technology, Novosibirsk-Tomsk, 23-29 June, 2008. -P. 452-454.
 3 Нейман, В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока. / В.Ю. Нейман, А.А. Петрова // Сб. науч. тр. НГТУ. -Новосибирск, 2008. -№2(52). -С. 101-108.
 4 Нейман, В.Ю. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 310-313.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: линейный электромагнитный двигатель, рациональные соотношения размеров стопа, величина хода якоря, моделирование магнитного поля
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Нейман Людмила Андреевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГТУ»
 Скотников Андрей Алексеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ФГБОУ ВПО «НГТУ»

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЯДА ВОДОЕМОВ г. НОВОСИБИРСКА

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, А.С. Тушина, Е.В. Рощина

CHEMICAL POLLUTION OF RESERVOIRS OF THE NOVOSIBIRSK CITY

«Novosibirsk state academy of water transport»

M.A. Buchelnikov, O.V. Spirenkova, A.S. Tushina, E.V. Roshtina

Are carried out the chemical analyses of water in 7 small reservoirs in Novosibirsk city. Is defined the content of such chemical substances as phenol, petroleum products, fluorine, sulfur, nitrogen, heavy metals and others.

Keywords: pollution of water, aqueous objects, ponds, the irrigated quarries, Novosibirsk

Проведены химические анализы воды в 7 малых водоемах г. Новосибирска. Определено содержание таких химических веществ как фенол, нефтепродукты, фтор, сера, азот, тяжелые металлы и ряд других.

В 2011 году были проведены гидрологические и гидроэкологические исследования 58 водоемов, расположенных в черте г. Новосибирска, даны рекомендации по их очистке, рациональному использованию и охране. Продолжением данной темы послужило дальнейшее экологическое изучение городских водных объектов, важной частью которого стала оценка степени их химического загрязнения.

В данной статье приведено краткое описание семи наиболее социально значимых водоемов и приведены результаты проведенных анализов проб воды.

Объекты и методы исследования. 1 Карьер обводненный в Дзержинском районе на пересечении улиц Волочаевская и Репина (координаты объекта: 82,985811; 55,057365).

Длина 96 м;
 Максимальная ширина 60 м;
 Площадь зеркала 3,34 тыс. м²;
 Объем воды 3,69 тыс. м³;
 Средняя глубина 1,11 м.

Притоки и истоки в меженный период отсутствуют, прилегающих болот и ключей нет. Антропогенное воздействие на прибрежную зону высокой интенсивности, вплотную к водоему подходят частные домовладения. Мест постоянного отвода стоков в водоем не обнаружено.

2 Карьер обводненный (неофициальное название «Озеро грез») около издательства «Советская Сибирь» (координаты объекта: 82,894970; 54,969612).

Длина 307 м;
 Максимальная ширина 242 м;
 Площадь зеркала 54,95 тыс. м²;
 Объем воды 345,90 тыс. м³;
 Средняя глубина 6,30 м.

Антропогенное воздействие на прибрежную зону средней интенсивности, часть прибрежной территории благоустроена.

3 Пруд без названия в районе МЖК «Восточный» по ул. Лазурная (координаты объекта: 83,009944; 55,035167).

Длина 198 м;
 Максимальная ширина 45 м;
 Площадь зеркала 7,44 тыс. м²;
 Объем воды 7,32 тыс. м³;
 Средняя глубина 0,98 м.

Приток в восточной части водоема, исток через плотину (около 200 л/мин), пойма в восточной и западной частях заболочена. Антропогенное воздействие на прибрежную зону средней интенсивности. На расстоянии 50 м пролегает автомагистраль, за которой начинается застройка многоэтажными домами. Скопления отходов, свалок, мест отвода стоков не обнаружено, водоем загрязнен бытовым мусором.

4 Карьер обводненный на территории Сада мичуринцев (координаты объекта: 82,989408; 55,035663).

Длина	111 м;
Максимальная ширина	52 м;
Площадь зеркала	2,97 тыс. м ² ;
Объем воды	4,25 тыс. м ³ ;
Средняя глубина	1,40 м.

Притоки и истоки в меженный период отсутствуют, прилегающих болот и ключей нет. Антропогенное воздействие на прибрежную зону высокой интенсивности: по берегам отвалы грунта смешанного с бытовыми строительным мусором, свалки бытового мусора. В пределах береговой полосы застройка капитальными гаражами, промзона транспортного предприятия. Водоем заболачивается, вода мутная с характерным гнилостным запахом.

5 Пруд (оз. Лесное) в районе МЖК «Восточный» (координаты объекта: 83,039326; 55,033066).

Длина	459 м;
Максимальная ширина	243 м;
Площадь зеркала	61,67 тыс. м ² ;
Объем воды	158,04 тыс. м ³ ;
Средняя глубина	2,56 м.

Приток с северной стороны, исток до 200 л/мин через плотину в южной части водоема, прилегающих болот и ключей нет. Антропогенное воздействие на прибрежную зону низкой интенсивности. С восточной стороны к берегу подходят садовые участки.

6 Карьер обводненный между улицами Ласточкина и Приозерная (координаты объекта: 83,113852; 54,951197).

Длина	218 м;
Максимальная ширина	148 м;
Площадь зеркала	20,71 тыс. м ² ;
Объем воды	16,21 тыс. м ³ ;
Средняя глубина	0,78 м.

Притоки и истоки в меженный период отсутствуют, прилегающих болот и ключей нет. Антропогенное воздействие на прибрежную зону средней интенсивности. К берегам водоема подходит застройка одно- и многоэтажными домами. В 50 м начинается территория Новосибирского колледжа железнодорожного транспорта.

7 Карьер обводненный (оз. «Верховое») на пересечении улиц Селезнева и Романова (координаты объекта: 82,947801; 55,036339).

Длина	214 м;
Максимальная ширина	138 м;
Площадь зеркала	23,69 тыс. м ² ;
Объем воды	143,97 тыс. м ³ ;
Средняя глубина	6,08 м.

Притоки и истоки в меженный период отсутствуют, прилегающих болот и ключей нет. Антропогенное воздействие на прибрежную зону высокой интенсивности. На расстоянии 50 м начинается застройка частными одноэтажными домами, в 100 м пролегает автомагистраль; по берегам водоема отвалы грунта, бытового и строительного мусора. В 30 м – стоянка строительной техники, грузовых автомобилей. Часть водоема, возможно, в недавнем времени подвергалась засыпке.

Исследования проводились в летние месяцы (июнь и июль). Использовалась стандартная методика отбора проб воды. Полученные результаты сравнивались с ПДК для хозяйственно-бытовых вод и с ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Сравнение с более «жесткими» рыбохозяйственными ПДК представляется необходимым, так как многие из водоемов используются в качестве мест для любительского рыболовства.

Результаты и их обсуждение. Данные о содержании загрязняющих веществ приведены в таблице.

Несмотря на существенное техногенное воздействие, которому подвергаются водоемы, превышений ПДК по большинству компонентов ни в одном из них не зафиксировано. Однако, неблагоприятной можно назвать ситуацию со следующими химическими элементами.

Так, например, концентрация меди была превышена во всех семи обследованных водоемах (2-4 ПДК), марганца – в 4 (1,5-20 ПДК), железа – в 3 (1,1-2,5 ПДК), цинка – в 5 (1,4-3,7 ПДК). Невозможно с точностью установить, является ли такой уровень загрязнения результатом антропогенного воздействия или же высок фон содержания тяжелых металлов в

водоемах города [1].

Также в трех водоемах превышены ПДК по нефтепродуктам (а в остальных они близки к ПДК) что, на наш взгляд, вызвано сливами отработанного масла, смывами топлива с близлежащих промышленных и строительных площадок.

Таблица – Содержание загрязняющих веществ в некоторых водоемах г. Новосибирска

Загрязнитель, мг/л	Водоем №1	Водоем №2	Водоем №3	Водоем №4	Водоем №5	Водоем №6	Водоем №7	ПДК (коммунально-бытовые воды), мг/дм ³	ПДК (для рыбохозяйственных водоемов), мг/дм ³
рН	7,7	7,9	7,6	8	7,4	9,56*	7,3	6,5-8,5	6,5-8,5
Сухой остаток	134	241	218	286	164	217	274	1000,0	1000,0
ХПК	32*	73*	17	35*	15	20	29	30,0	–
БПК	0,96	10,58	4,42	4	2,09	1,22	6,2	4,0	3,0
Нефтепродукты	0,034	1,1*	0,08*	0,066*	0,03	0,044	0,026	0,3	0,05
Фосфат-ион	0,02	0,056	0,033	0,02	0,033	0,02	0,02	3,5	0,20 (по Р)
Аммоний-ион	0,05	0,28	0,38	0,26	0,05	0,39	0,065	1,5 (по N)	0,5
Нитрит-ион	0,02	0,03	0,1*	0,02	0,03	0,03	0,02	3,3	0,08
Нитрат-ион	0,6	1,4	0,9	0,7	1	1	0,8	45,0	40,0
Хлорид-ион	13	10	15	35	13,7	67	110	350,0	300,0
Сульфат-ион	10	12	15	52	10	10	32	500,0	100,0
Фторид-ион	0,2	0,22	0,16	0,24	0,18	0,17	0,17	0,7	0,75
Фенол	0,0005	0,0032	0,0005	0,0005	0,0005	0,00072	0,014*	0,001	0,001
СПАВ	0,025	0,11	0,025	0,03	0,025	0,025	0,025	–	0,5
Взвешенные вещества	5*	25*	13*	3*	10*	16*	10*	0,75	0,25
Свинец	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,006
Кадмий	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
Хром	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,05	0,02
Никель	0,005	0,006	0,003	0,005	0,005	0,005	0,008	0,02	0,01
Медь	0,004*	0,002*	0,004*	0,004*	0,002*	0,004*	0,003*	1,0	0,001
Железо	0,048	0,255*	0,214*	0,11*	0,063	0,021	0,035	0,3	0,1
Марганец	0,005	0,237*	0,072*	0,025*	0,016*	0,005	0,007	0,1	0,01
Цинк	0,014*	0,004	0,005	0,035*	0,037*	0,025*	0,033*	1,0	0,01
Алюминий	0,039	0,014	0,12*	0,027	0,017	0,014	0,009	0,2	0,04
Растворимый кислород	9,72	2,52	8,26	9,92	9,17	5,24	12,51	4,0	6,0

*-значения, превышающие ПДК для рыбохозяйственных водоемов

В трех водоемах превышены нормативы по химическому потреблению кислорода.

Во всех водоемах наблюдается сильное превышение ПДК по взвешенным веществам.

На основании полученных результатов можно сделать следующее заключение. С одной стороны, как уже было сказано выше, обследованные водоемы испытывают существенную техногенную нагрузку, а с другой – вода в них не является сильно загрязненной, по крайней мере, химическими веществами. Последнее объясняется отсутствием постоянных стоков и, возможно, определенной способностью к самоочищению.

В дальнейшем для каждого водоема необходимо четко выделить водоохранную зону и строго соблюдать ее режим; береговые полосы и ложа очистить от бытового и промышленного мусора, а также от гниющих растительных остатков, илистых и грязевых отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Обзор состояния окружающей среды в г. Новосибирске за 2010 г. [Электронный ресурс] / Департамент энергетики, жилищ. и коммун. хоз-ва г. Новосибирска, Новосиб. гор. ком. охраны окружающей среды и природ. ресурсов. –Режим доступа: http://www.degkh.ru/ecology/overview_of_the_environment_in_novosibirsk/
- 2 Инвентаризация водоемов города Новосибирска / М.А. Бучельников [и др.] // Сиб. науч. вестн. -2011. -Вып. XV. -С. 180-186.
- 3 Водоемы города Новосибирска / М.А. Бучельников, А.А. Перфильев, А.В. Панов, В.А. Чирков, О.В. Спиренкова, А.С. Тушина, Е.К. Рощина // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2011. -№2. -С. 332-335.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязнение воды, водные объекты, пруды, обводненные карьеры, г. Новосибирск
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бучельников Михаил Александрович, канд. биол. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Спиренкова Ольга Владимировна, старший преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Тушина Александра Сергеевна, заведующий лабораторией ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Рощина Екатерина Валерьевна, инженер ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК – ПРИТОКАХ ОБИ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.А. Хмелев, В.В. Турбинский

ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE SMALL RIVERS BASIN - TRIBUTARY OF THE OB RIVER

«Novosibirsk state academy of water transport»

V.A. Khmelev, V.V. Turbinsky

In matters of sanitary-epidemiological safety is important for the health state of the atmosphere, water sources, soils in areas of industrial sites, residential areas.

Keywords: water bodies, chemical and radiation pollution, water ecology, human health, ecological and hygienic zoning

В решении вопросов санитарно-эпидемиологического благополучия населения важное значение имеет безопасное для здоровья состояние атмосферного воздуха, источников водоснабжения, почв на территориях промышленных площадок, селитебных зон.

Наиболее крупные месторождения нефти на территории Сибири располагается в мало-заселенных районах с очень низкой плотностью населения. Поэтому разработка этих месторождений требует нового промышленного и селитебного освоения этих территорий, которые являются не только мало изученными с технических, но и с эколого-гигиенических позиций.

Селитебное освоение новых территорий связано с решением сложных вопросов по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В решении вопросов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения важное значение придается вопросам охраны окружающей среды, обеспечению безопасных для здоровья человека состояния атмосферного воздуха, воды водных объектов источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также хозяйственно-бытового водопользования, почв на территориях промышленных площадок, селитебных зон. При этом, отличительной особенностью освоения месторождений нефти в Сибири является тот факт, что для коренных малочисленных народов Сибири, ведущих кочевой образ жизни, селитебной территорией является практически вся территория Сибири. Поэтому, промышленное освоение месторождений в Сибири требует такого их использования, при котором воздействие (загрязнение) на окружающую среду ограничивалось бы только территорией отчуждаемой под промышленную площадку.

В качестве материалов исследования были использованы статистические формы государственной статистической отчетности о состоянии окружающей среды, заболеваемости, смертности населения (ф.2-тп (водхоз), ф.2-тп (воздух), ф.12, ф.32, ф.31), результаты подфакельных наблюдений за загрязнением атмосферы, экспедиционных исследований состояния природных вод, уровня загрязнения почв и донных отложений.

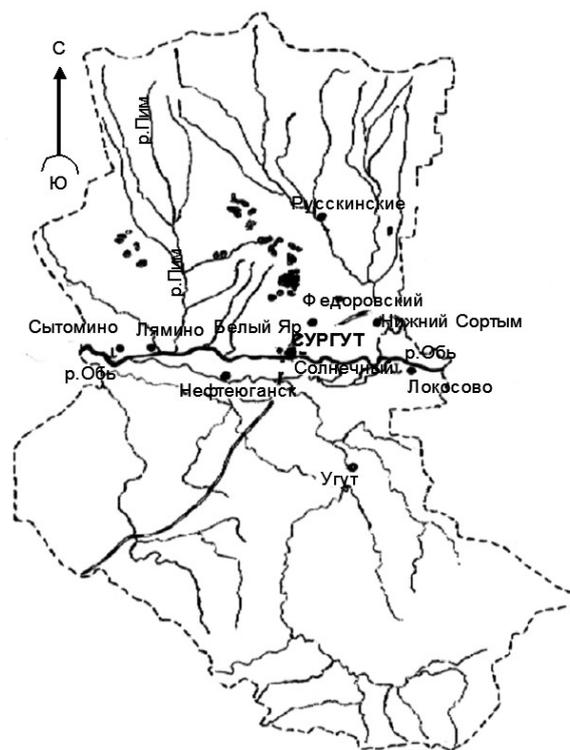


Рисунок – Сургутский район

Общая характеристика состояния окружающей среды на объектах АООТ Сургут-нефтегаз. На территории Сургутского района (рисунок) основными источниками загрязнения воздушного бассейна являются подразделения АООТ Сургутнефтегаз, завод стабилизации газового конденсата (ЗСГК), газоперерабатывающий завод (ГПЗ), Сургутская ГРЭС. Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна на территории Сургутского района в местах расположения предприятий АООТ «Сургутнефтегаз» вносят подразделения Лянторского нефтегазодобывающего управления – 348423,5 т/год. При этом, приоритетными загрязнителями по величине выброса являются оксид углерода и углеводороды, выбросы которых исчисляются десятками и сотнями тысяч тонн в год. Также значительные количества составляют выбросы сажи и диоксида азота – десятки и тысячи тонн.

Все химические вещества в зависимости от их токсикометрических параметров подразделяются на четыре класса: 1-чрезвычайно опасные; 2-высокоопасные; 3-умеренно опасные; 4-малоопасные. В связи с этим, обращает на себя внимание присутствие в выбросах предприятий АООТ «Сургутнефтегаз» веществ 1 класса опасности: соединений свинца, оксидов ванадия и хрома – всего 0,044 т/год, а также веществ 2 класса опасности – окислы марганца, фториды – всего 0,19 т/год, дипроксамин (основным компонентом которого является бензол) – 1,07 т/год и диоксид азота – всего 4808,1 т/год.

Обеспечение населения Сургутского района питьевой водой осуществляется исключительно за счет подземных источников. В ряде поселений коренных жителей: Каюково, Тайлаково, в юртах питьевая вода используется из открытых водоемов. Основные водозаборы поселков Федоровский, Белый Яр, Солнечный, Сайгатино, Русскинские, г. Лянтор, забирают воду с глубины 240-350 м. Водозаборы г. Лянтор и пос. Федоровский, Нижнесортымский, пос. СГПЗ оснащены станциями обезжелезивания. Вода в пос. Белый Яр подается после очистки на водозаборе г. Сургута. На территории Сургутского района имеются три типовые свалки мусора: для г. Сургута, в пос. Федоровский, пос. Нижнесортымский. В остальных поселках района мусор складывается в карьерах и на рельеф местности за пределами населенных мест.

Оценка санитарно-гигиенического состояния водных объектов на территории Тянского месторождения нефти проводилась по четырем площадкам – Западно-Перевальской, Лукьянской, Юхьявинской, Турынской (таблица 1). Анализ полученных результатов свидетельствует, что качество воды в поверхностных водоемах (реки, ручьи, озера) по большинству показателей соответствует требованиям санитарных норм и правил. Вместе с тем, такие показатели как рН, концентрации синтетических поверхностно активных веществ, нефти, железа в преобладающей части водных объектов выходят за рамки санитарно-гигиенических норм. Так Юхьявинская и Лукьянская площадки характеризуется качеством воды водных объектов с низким уровнем показателя рН до 6,1 (при минимальном значении нормы – 6,5) и повышенным содержанием железа – до 1,24 мг/дм³ (до 8 ПДК). На территории Западно-Перевальской и Турынской промплощадок кроме повышенного уровня железа в воде обнаруживаются повышенные концентрации нефти (до 2-2,5 ПДК), а на территории Турынской площадки в отдельных пробах воды обнаруживаются превышения ПДК (в 1,3 раза) синтетических поверхностно-активных веществ.

Отмечается, что содержание отдельных примесей в воде поверхностных водных объектов имеет выраженную сезонную динамику, заключающуюся в увеличении их концентрации осенью по сравнению с весной. Такая тенденция характерна как для веществ, концентрации которых по абсолютному значению не превышают уровень санитарной нормы, так и для веществ, характеризующихся наличием превышений ПДК. Увеличение концентрации веществ в воде в осенние месяцы выражаются не только более высоким уровнем среднего показателя, но и своим максимальным уровнем, что свидетельствует о закономерности данного явления и общих для всех ингредиентов механизмах. Безусловно, одним из таких общих механизмов повышения концентрации веществ в воде поверхностных водоемов является снижение расхода воды в них, что при относительно стабильном поступлении загрязняющих веществ с поверхностным стоком приведет к увеличению их концентрации.

Так полученные данные показывают, что с увеличением влияния поверхностного стока на качество воды в поверхностных водоемах на территории Тянского месторождения (то есть в осенний период, по сравнению с весной) наблюдается снижение концентрации в воде водородных ионов, то есть происходит защелачивание воды, увеличиваются концентрации минеральных солей, железа и легкоокисляющейся органики. При этом, обращает на себя внимание тот факт, что динамика концентрации синтетических поверхностно-активных ве-

ществ (СПАВ) и нефти в рассматриваемые периоды носит обратных характер, то есть увеличение концентрации нефти в воде осенью происходит на фоне снижения концентрации СПАВ. Такая закономерность свидетельствует о различных источниках данных веществ в поверхностных водах или о различных механизмах поступления в водоемы. По-видимому это связано с тем, что основная масса СПАВ, накапливаясь в течении зимы, поступает в водоемы в основном весной с паводком, а поступление нефти более равномерно.

Установлено, что на так называемых фоновых участках рек и озер, то есть не связанные непосредственной близостью с промышленными объектами или автомобильными дорогами, санитарное состояние водных объектов характеризуется незначительным превышением санитарных норм по содержанию железа (1,3 ПДК) и эпизодическим наличием проб воды с пониженным уровнем рН (6,3 при норме 6,5). Превышение уровня санитарных норм по другим ингредиентам не наблюдается.

В створах же рек и на участках озер, прилегающих к автодорогам, кустовым скважинам, качество воды характеризуется более значительным превышением уровня ПДК железа (до 6 ПДК), снижением величины показателя рН до 4,7, повышенным содержанием нефти (до 2,5 ПДК), увеличение концентраций СПАВ до уровня превышения ПДК (в 1,5 раза) в отдельных пробах.

Таблица 1 – Характеристика влияния производственных объектов нефтедобывающего комплекса на качество воды поверхностных водоемов Тянского месторождения

Ингредиенты	Автодороги						Скважины		Реки		Озеро, фон
	реки				озера				исток	устье	
	выше		ниже				СА*	max			СА*
	СА*	max	СА*	max	СА*	max			СА*	СА*	
Взвешенные вещества	4,4	8,4	3,7	5,1	4,7	3,3	5,8	16	6,4	60,4	13,1
Сухой остаток	57	89	74,2	106	45	50	68	131	33,5	43,5	31,5
БПК ₅	1,1	2,8	1,1	1,5	1,5	2,2	1,3	3,2	3,3	3,8	1,6
Азот аммония	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,5	1,4	0,5	0,2	0,2
Хлориды	3,1	3,4	5,4	8,9	3,4	3,4	4,8	10,6	12,4	10,6	10,6
СПАВ	0,04	0,3	0,03	0,08	0		0,008	0,08	0	0,001	0
Сульфаты	17	34	13,3	16	11,5	12	11,4	46,0	3	0	4
Нефть	0,24	0,48	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,8	0,26	0,21	0,13

*-среднее арифметическое

Установлено, что характерной особенностью донных отложений, расположенных в непосредственной близости от кустовых скважин и ДНС, является повышенное по сравнению с фоном содержание нефти и хлоридов (от 2 до 10 и более раз). При этом в среднем суммарный показатель загрязнения в районе кустовых скважин и ДНС составляет 7,9, а донных отложений 6,2 (умеренная степень загрязнения).

Таблица 2 – Гигиеническая оценка загрязнения донных отложений в водных объектах на территории Тянского месторождения нефти (Турьнская площадка), мг/кг

Наименование точек контроля	Концентрации		Z _{загр}
	нефть	хлориды	
Озеро в районе карьера, (фон)	150	18,6	1
Озеро в районе куста скв. №3	450	18,6	3,0
Озеро в районе куста скв. №8	143	121,1	6,5
Озеро в районе куста скв. №10	1300	71	2,8
Озеро в районе куста скв. ДНС	1230	13,5	7,9
Река Турьнгяун, (куст №7)	1300	55,6	10,6
Ручей в районе ДНС	706	46,2	6,2

Главным источником поступления во внешнюю среду естественных радиоактивных элементов, к настоящему времени широко распространенных в природе, являются горные породы. Благодаря деструктивным процессам метеорологического, гидрологического, геохимического, геологического характера радиоактивные вещества подвергаются широкому рассеиванию.

Для оценки радиационной обстановки на территории Сургутского района были проведены замеры уровня гамма-фона вблизи магистральных нефтепроводов, на территории поим

рек и озер, болот, в районах гидронамывов, карьеров, поселков нефтяников (таблица 3), а также активность естественных и искусственных радионуклидов (Ra226, Th232, K40, Cs137) в донных отложениях р. Турынгьяун на Турынской площадке Тянского месторождения (таблица 4). Установлено, что активность естественных радионуклидов (Ra226, Th232, K40), а также Cs137 в почвах и донных отложениях не превышает фонового уровня.

Таблица 3 – Средний уровень гамма-фона, мкр/ч

Наименование объекта	Точка контроля	Среднее арифметическое	Максимальное значение
Водоемы	болота	10,1	13
	озера	10,6	19
	реки	8,6	13
	ручьи	8,0	12
Промышленные	ДНС	9,7	13
	кустовые скважины	7,4	14
	карьер	9,5	11
	автодорога	9,9	15
Фон		6,8	9

Таблица 4 – Содержание естественных и техногенных радиоактивных элементов в почвах и донных отложениях

Наименование радионуклидов	Активность (Бк/кг)
Радий-226	26
Торий-232	9
Калий-40	36
Цезий-137	21
Цезий -134	4
Общая	96

Средний уровень гамма-фона на территории Сургутского района также характеризуется значениями на уровне фона 2-19 мкр/ч. В районах расположения поверхностных водных объектов уровни гамма-фона характеризуются наибольшими значениями (от 8 до 10 мкр/ч).

Таким образом, дальнейшее промышленное освоение территории Сургутского района, в связи с тем, что настоящее воздействие сопровождается негативными изменениями в состоянии здоровья населения, возможно лишь при условии осуществления эффективных мер по оздоровлению населения и реализации комплексных программ охраны окружающей среды от загрязнения, профилактики заболеваемости и преждевременной смертности населения, с учетом особенностей образа жизни малочисленных народов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водный объект, химическое и радиационное загрязнение, экология водопользования, здоровье населения, эколого-гигиеническое районирование
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Хмелев Вячеслав Александрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Турбинский Виктор Владиславович, канд. мед. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО ГУМУСА НА СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.А. Хмелев, В.В. Турбинский

EFFECT OF AQUATIC HUMUS ON THE DEGREE OF WATER POLLUTION
 «Novosibirsk state academy of water transport»
 V.A. Khmelev, V.V. Turbinsky

To study the influence of surface water components of humic acids on the intensity of the odor imparted hexyl xanthate potassium, experiment was conducted to determine the dependence of «flotation reagent concentration-the smell of water».

Keywords: water pollution, xanthates, the organoleptic properties of water, humic acid, the smell of the water

Для изучения влияния компонентов поверхностных вод гуминовых кислот на интенсивность запаха воды придаваемых гексилловым ксантогенатом калия был проведен эксперимент по определению зависимости: «концентрация флотореагента-запах воды».

Одной из особенностей состава вод поверхностных водоемов Сибири является повышенное по сравнению с Европейской частью страны содержание гуминовых веществ, обуславливающих повышенную цветность воды, особенно в период весеннего паводка – более 120 градусов платиново-кобальтовой шкалы. В таких условиях сброс со сточными водами промышленных предприятий загрязняющих веществ формирует специфические санитарные условия водопользования при совместном их присутствии в воде.

В воде ксантогенаты (бутиловый, этиловый, изобутиловый, изопропиловый, изоамиловый [1, 2]) являются хорошо растворимыми и стойкими веществами, придают воде стойкий специфический запах, который усиливается при нагревании. По влиянию на органолептические свойства воды пороговые концентрации ксантогенатов составляют от 0,001 до 0,1 мг/дм³. В воде ксантогенаты подвергаются биохимическому распаду [3].

С увеличением температуры воды от 20 °С до 60 °С пороговая концентрация гексилового ксантогената калия уменьшается с 0,032 до 0,022 мг/дм³ (таблица 1).

Таблица 1 – Статистические параметры влияния концентрации гексилового ксантогената калия на запах воды при температуре 20 °С и 60 °С

Температура воды, °С	Интенсивность запаха, баллы	Количество наблюдений	Средняя концентрация M , мг/дм ³	Стандартная ошибка средней концентрации m	Процент стандартной ошибки, %	$M - 2m$
20	1	70	0,038	0,003	7,8	0,032
20	2	83	0,087	0,012	13,7	0,063
60	1	19	0,026	0,002	7,6	0,022
60	2	27	0,069	0,005	7,2	0,059

Результат «закрытого опыта» подтвердил установленную пороговую концентрацию гексилового ксантогената калия (0,02 мг/дм³) по влиянию на запах воды (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние флотореагента гексилового ксантогената калия на запах воды («закрытый опыт»)

Концентрация флотореагента	Количество наблюдений	Число положительных ответов	Процент положительных ответов (стандартизованный)*
К	60	6	10,0
0,02	60	11	18,3 (9,3)
0,06	60	44	74,0 (70,4)

*-стандартизация проводилась по формуле Шнейдера-Орелли

$$X_{cm} = \left(\frac{X_{np}}{100 - X_{ow}} - \frac{X_{ow}}{100 - X_{ow}} \right) 100\%$$

где X_{np} – экспериментально полученный процент правильных ответов;

X_{ow} – процент ошибочных ответов в контроле.

В концентрациях придающих воде запах интенсивностью до 3-х баллов гексильный ксантогенат калия не придаёт воде постороннего привкуса.

Окраску воде и пенообразование гексильный ксантогенат калия придаёт в концентрациях более 100 мг/дм³.

Хлорирование воды с концентрацией гексилового ксантогената калия 0,025-1,0 мг/дм³ при уровне остаточного хлора 0,3-0,5 мг/дм³ не приводит к появлению новых и усилению существующего запаха.

В результате изучения влияния флотореагента гексилового ксантогената калия на органолептические свойства воды пороговая концентрация установлена на уровне – 0,02 мг/дм³ (по влиянию на запах). Интенсивность запаха воды определялась бригадным методом, результаты определения представлены на рисунках 1 и 2.

С целью изучения влияния природных компонентов поверхностных вод гуминовых кислот на интенсивность запаха воды придаваемых гексильным ксантогенатом калия был проведён эксперимент по определению зависимости: «концентрация флотореагента – запах воды» при содержании природных гуминовых кислот выделенных из воды реки Омь (створ г. Куйбышева Новосибирской области).

Результаты исследования показали, что при температуре воды 20 °С содержание гуминовых кислот на уровне гигиенического норматива цветности (20 градусов) не оказывает

достоверного влияния на интенсивность запаха, придаваемого воде гексилловым ксантогенатом калия как на уровне пороговых, так и действующих концентраций. При содержании гуминовых кислот на уровне цветности 120 градусов интенсивность запаха воды достоверно снижается на уровне пороговой концентрации (0,02 мг/дм³) и на уровне действующих концентраций (0,05 и 0,1 мг/дм³).

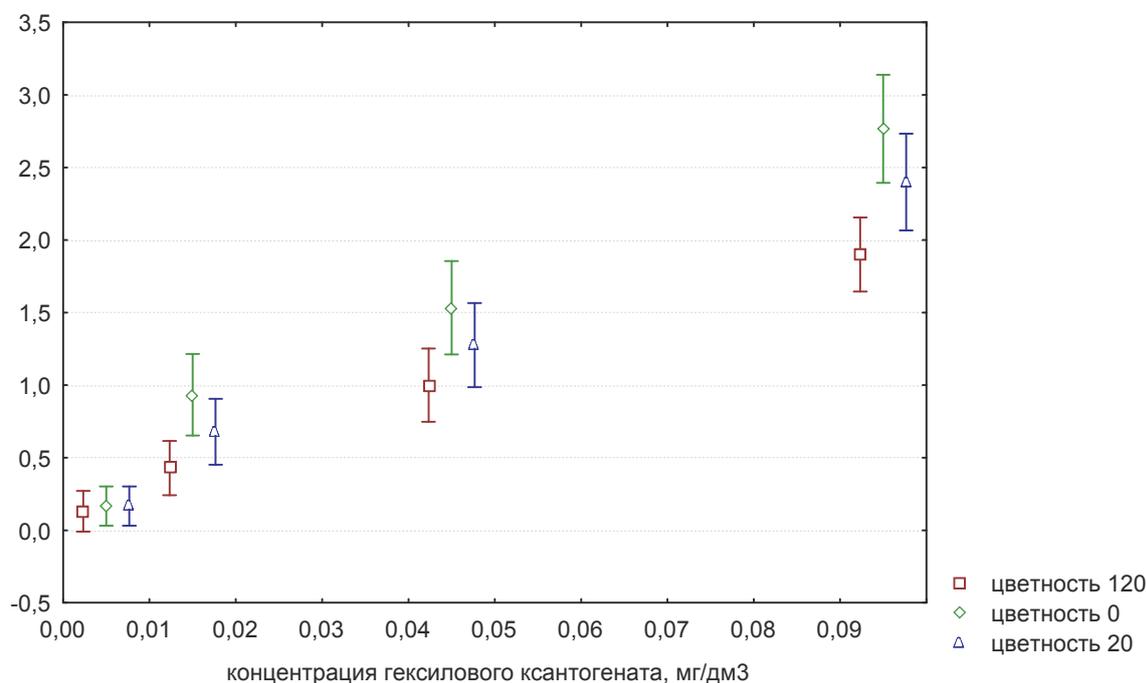


Рисунок 1 – Зависимость интенсивности запаха гексиллового ксантогената калия в воде при температуре 20 °С от его концентрации при содержании гуминовых кислот, придающих воде 20 и 120 градусов цветности платиново-кобальтовой шкалы ($M \pm 1,96\sigma$)

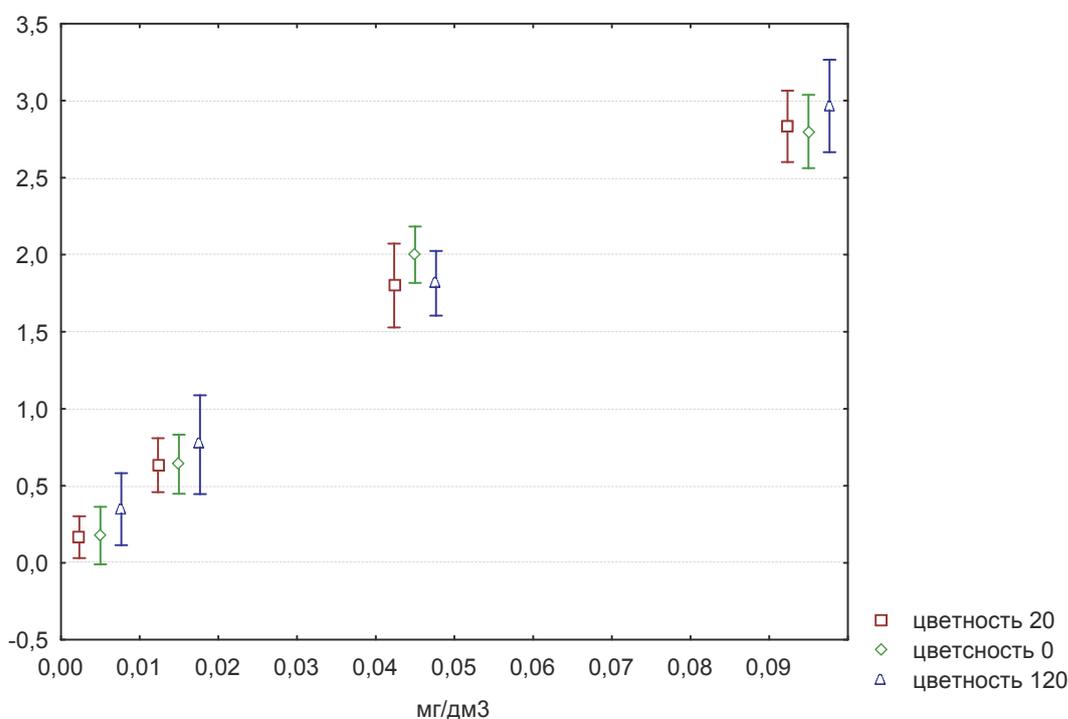


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности запаха гексиллового ксантогената калия в воде при температуре 60 °С от его концентрации при содержании гуминовых кислот, придающих воде 20 и 120 градусов цветности платиново-кобальтовой шкалы ($M \pm 1,96\sigma$)

Отмеченное явление согласуется с опубликованными данными о выраженных комплекс-образовательных свойствах гуминовых веществ, в том числе и гуминовых кислот в частности, способности вступать во взаимодействие и удерживать на своей поверхности

различные токсичные элементы и органические молекулы [4]. Очевидно, такая «удерживающая» способность гуминовых кислот приводит к тому, что летучая часть молекул флотореагента гексилового ксантогената калия в воде существенно уменьшается.

При нагревании воды до 60 °С результаты определения интенсивности запаха воды при различных концентрация флотореагента гексилового ксантогената калия не выявили достоверных различий в зависимости от уровня цветности воды.

Таким образом, исследование влияния природных гуминовых кислот, придающих воде цветность и на запах воды под действием флотореагента гексилового ксантогената калия показали, что при температуре 20 °С гуминовые кислоты оказывают «скрывающее влияние». Так пороговая концентрация гексилового ксантогената калия по влиянию на запах воды (запах интенсивностью 1 балл) при температуре 20 °С без гуминовых кислот составила – 0,032 мг/дм³, а в присутствии гуминовых кислот – 0,031 мг/дм³ (цветность 20 градусов) и 0,039 мг/дм³ при цветности 120 градусов (увеличение на 21,8%). Так же ведёт себя и величина «практического порога» по запаху (2 балла) при температуре 20 °С – 0,063 мг/дм³ при отсутствии гуминовых кислот, 0,0636 мг/дм³ при цветности 20 градусов и 0,0772 мг/дм³ при цветности 120 градусов (увеличение на 21,3%).

При нагревании воды до 60 °С «скрывающее влияние» гуминовых кислот на запах воды прекращается. Пороговая концентрация гексилового ксантогената калия (1 балл) без гуминовых кислот составила 0,0220 мг/дм³, 0,0238 мг/дм³ при цветности 20 градусов (увеличение на 8,1%) и 0,0196 мг/дм³ при цветности 120 градусов (уменьшение на 10,9%). «Практический порог» (2 балла) при отсутствии гуминовых кислот для гексилового ксантогената калия составил – 0,059 мг/дм³, а при цветности 20 градусов – 0,0556 мг/дм³ (уменьшение на 5,7%) и – 0,0452 мг/дм³ при цветности 120 градусов (уменьшение на 23,3%).

Следовательно, измерение интенсивности запаха воды при температуре 60 °С позволяет устранить «скрывающее влияние» природных гуминовых кислот на присутствие загрязняющих веществ, способных придавать запах воде в условиях повышенной цветности природных вод.

Анализ результатов определения динамики интенсивности запаха и концентрации флотореагента гексилового ксантогената калия в воде показал, что в течении первых суток интенсивность запаха и концентрация уменьшаются менее чем на 50%, следовательно по классификации [1] он относится к стабильным веществам в водной среде.

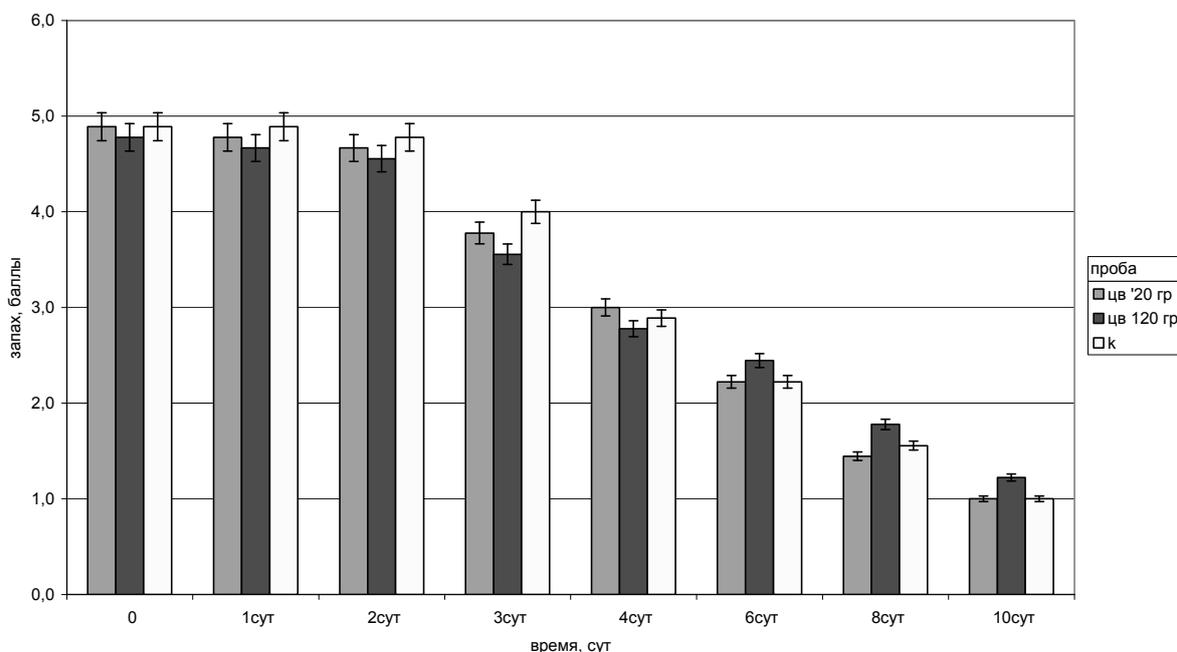


Рисунок 3 – Стабильность интенсивности запаха гексилового ксантогената калия (исходная концентрация 1,0 мг/дм³) в воде от присутствия гуминовых кислот в количествах, придаваемых воде цветность 20 и 120 градусов

Установлено, что присутствие в воде гуминовых кислот в концентрациях придающих воде цветность на уровне гигиенического норматива для питьевой воды (20 градусов) не от-

ражается существенно на стабильности флотореагента. Тогда как при повышенном содержании, гуминовые кислоты достаточно явно влияют на стабильность флотореагента (рисунки 3 и 4).

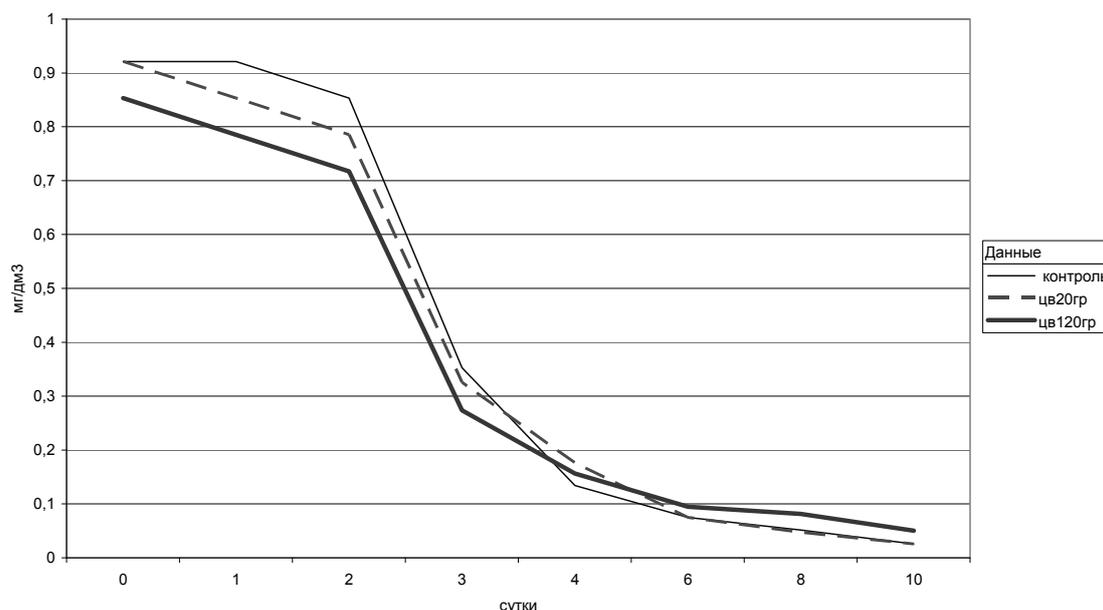


Рисунок 4 – Зависимость динамики концентрации гексилового ксантогената калия в воде от присутствия гуминовых кислот в количествах, придаваемых воде цветность 20 и 120 градусов

Это влияние выражается в том, что в начале эксперимента концентрации ксантогената обнаруживаются в несколько меньших количествах, чем в контрольных пробах, но в более поздние периоды инкубации, после 6-х суток, концентрации ксантогената в пробах воды с повышенными концентрациями гуминовых кислот обнаруживаются в больших значениях, чем в контроле.

Такое поведение концентрации флотореагента можно объяснить тем, что в результате взаимодействия с гуминовыми кислотами в первые сутки инкубации он активно расходуется на эти взаимодействия. Но зато с течением времени, когда гуминовые комплексы насыщены молекулами флотореагента происходит сохранение его в этих комплексах и в более поздние сроки вода насыщается за счет сохранившихся молекул ксантогената из гуминовых комплексов.

Таким образом, гуминовые кислоты способны влиять на стабильность ксантогената калия увеличивая его время нахождения в воде.

Выводы:

1 Пороговая концентрация гексилового ксантогената калия по влиянию на запах воды (1 балл) при температуре 60 °С составляет 0,022 мг/дм³.

2 В концентрациях придающих воде запах интенсивностью до 3-х баллов гексильный ксантогенат калия не придаёт воде постороннего привкуса. Окраску воде и пенообразование гексильный ксантогенат калия придаёт в концентрациях более 100 мг/дм³. Хлорирование воды с концентрацией гексилового ксантогената калия 0,025-1,0 мг/дм³ при уровне остаточного хлора 0,3-0,5 мг/дм³ не приводит к появлению новых и усилению существующего запаха.

3 Гексильный ксантогенат калия в воде относится к стабильным веществам.

4 Гуминовые кислоты оказывают «скрывающее влияние» на действие гексилового ксантогената калия на запах воды при температуре 20 °С за счет образования нестойких комплексных соединений. При нагревании воды до 60 °С «скрывающее влияние» гуминовых кислот на запах воды прекращается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Материалы по гигиеническому нормированию ксантогенатов калия С2-С5 в воде водоёмов / Е.М. Трофимович [и др.] // Гигиена и санитария. -1976. -№6. -С. 95-97.

2 Трофимович, Е.М. Охрана водных объектов при добыче и обогащении руд и углей / Е.М. Трофимович, С.М. Гурвич. -М.: Недра, 1985. -192 с.

3 Ованесян, Р.Д. Метаболиты ксантогенатов в организме / Р.Д. Ованесян, Р.А. Назаретян // Проблемы охраны здоровья и

защиты окружающей среды от химических вредных веществ: тез. докл. I Всесоюз. съезда токсикологов. -Ростов н/Д., 1986. - С. 313-314.

4 Орлов, Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов // Соросовский образоват. журн. -1997. -№2. -С. 56-63.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *загрязнение воды, ксантогенаты, органолептические свойства воды, гуминовые кислоты, запах воды*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Хмелев Вячеслав Александрович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Турбинский Виктор Владиславович, канд. мед. наук, доцент ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБЪЕКТА

**ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»**

В.Я. Ткаченко, Н.М. Лихачева

**THE ECOSYSTEM APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE PROGRAM OF CONSTRUCTION OF TRANSPORT OBJECTS
«Siberian state transport university»**

V.Ya. Tkachenko, N.M. Likhacheva

The specificity of linear construction requires special attention and approach to the sustainable development of the object in the continuation of its investment and life cycle. It is proposed the ecosystem approach to the development and implementation of such a project and assessment of its effectiveness.

Keywords: the ecosystem concept, railway, sustainable development, the program of construction

Специфика линейного строительства требует особого внимания и подхода к обеспечению устойчивого развития объекта в продолжение его инвестиционного и жизненного цикла. Предлагается экосистемный подход к разработке и реализации такого проекта и оценки его эффективности.

По мере урбанизации нарастает загрязнение природной среды, что ставит под угрозу само существование человечества. Это обстоятельство определяет остроту проблемы экологически грамотного проектирования, строительства и последующей эксплуатации возводимых объектов. Особенно сложным и неоднозначным представляется учёт негативного воздействия наземного транспорта при разработке программ строительства линейно-протяженных объектов – железных и автомобильных дорог и трубопроводов.

Базисный подход в этой области определен в положениях «Декларации Рио...», принятой на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в июне 1992 года. В документе подчёркивалось, что «... люди... имеют право на здоровую плодотворную жизнь в гармонии с природой». При этом «право на развитие должно быть реализовано таким образом, чтобы удовлетворять потребность в развитии и сохранении окружающей среды нынешнего и будущего поколений», а «... охрана окружающей среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития...» [1].

Чтобы не разрушать окружающую среду, но сохранять равновесие «природного» и «социального», нужны экономические затраты. Называют три концепции устойчивого развития взаимосвязанного управления экономическим и природным капиталом – слабой устойчивости, строгой устойчивости и пограничной, или компромиссной устойчивости. За научно-методическую основу разрешения этой проблемы можно принять следующие принципы:

– экосистемный подход к разработке строительных программ (СП) и природоохранных мероприятий (ПОМ) в них. При этом «результаты инженерно-строительной деятельности по созданию и обустройству среды жизнеобитания человека рассматриваются в качестве природно-технических систем (ПТС)» [2];

– программно-целевое планирование пространственно-временной реализации комплекса ПОМ;

– представление о жизненном и инвестиционном циклах создания и функционирования объекта.

Применительно к строительству транспортного объекта эти принципы реализуются следующим образом.

При экосистемном подходе новый транспортный объект рассматривается как техническая подсистема первого уровня создаваемой природно-технической системы (ПТС). В нашем случае выделяется транспортная природно-техническая подсистема, под которой по-

нимается, например, железная (автомобильная) дорога в ее взаимодействии с природными, производственными и социальными системами, составляющими среду и условия обитания человека и его полноценной жизнедеятельности. Транспортная ПТС принимается как объект созидательной деятельности и, соответственно, как объект управления.

Общая задача состоит в выборе и разработке программы управляющих воздействий, которые в соответствии с принятым критерием должны обеспечивать термодинамическое, экологическое и социальное равновесие транспортной ПТС. Это подразумевает сбалансированность всех компонентов ПТС в глобальном и локальном масштабах. Конкретно необходимо разработать сценарий оптимального управления процессом создания и функционирования транспортного объекта на всех стадиях его жизненного цикла, включая реализацию ПОМ, который бы основывался на научном предвидении ближайших и отдаленных последствий техногенных (антропогенных) воздействий в транспортной ПТС.

При подборе и реализации ПОМ следует учитывать взаимосвязи подсистем по структурным признакам (космо-, аэро-, гео-, био- и социотехнические) и функциональным подсистемам (промышленные, сельскохозяйственные, селитебные, транспортные, рекреационные и др.). Функциональные подсистемы составляют взаимосвязанные звенья хозяйственного комплекса.

Экосистемный подход предполагает, прежде всего, оценку экологического потенциала территории, в соответствии с которой может быть принята концепция слабой, строгой, либо компромиссной устойчивости. В большинстве случаев потенциал определяется как сумма экологических емкостей трех компонентов окружающей среды – воздушного и водного бассейнов и почвенного покрова. Емкость каждого из компонентов равна произведению трех величин – площади или объема среды, концентрации экологически значимых элементов в этой среде и скорости обновления массы или объема рассматриваемой среды. При этом учитывается устойчивость экологической системы и ее компонентов [3].

Под устойчивостью экосистемы обычно понимается свойство, внутренне присущее экосистеме, которое характеризует способность выдерживать изменения, создаваемые внешними воздействиями, оказывать сопротивление внешним воздействиям и обнаруживать способность к самовосстановлению. Понятно, что преобладание внутренних взаимодействий в системе над внешними, способствует её сохранению, чего и следует добиваться.

2 Программно-целевое планирование предполагает разработку проекта строительства и использования дороги в соответствии с функциональным ее назначением, целями, критериями, ресурсами и сроками реализации проекта, то есть как системы мероприятий, отвечающих задачам инвестиционной и строительной программ (СП). В СП должна определяться и стратегия направленного развития транспортной ПТС. Конструктивной реализацией СП (и, соответственно, природоохранных мероприятий) является процесс строительства дороги (организация ее строительства и ввода), информационно отображаемый в календарной, сетевой или иной модели.

3 Жизненный цикл проекта. При формировании, оценке и выборе модели реализации СП руководствуются представлениями о временном функционировании транспортно-технической системы. Жизненный цикл проекта разделяется на периоды, характеризующиеся своими задачами, требованиями и мероприятиями, а инвестиционное обслуживание программы в целом должно обеспечить эффективное использование совокупного инвестиционного ресурса в рамках экосистемных ограничений.

В продолжении инвестиционного цикла СП номинальные затраты на разработку и реализацию проекта полностью возмещаются получаемыми результатами (доходами) в процессе рабочей, временной и коммерческой эксплуатации транспортного объекта. При этом речь может идти о двух составляющих результата инвестиционного цикла, учитываемых в сфере транспорта $t_{ум}$ и в природно-технической системе в целом $t_{уц}$, имея в виду соответствующий уровень ПТС, включающий взаимодействующие звенья хозяйственного комплекса территории. Как правило, $t_{ум} > t_{уц}$, поскольку инвестиции в транспортный объект окупаются результатами не только в сфере транспорта (в данном случае, в перевозочном процессе), но и в других структурных элементах хозяйственного комплекса, а также в повышении качества жизни населения. Продолжительность инвестиционного цикла регулируется расходом ресурсов, реализуемых через технологии, варианты организации и управления проектом транспортной ПТС [4].

Варианты природоохранных мероприятий (ПОМ) обычно разрабатывают и сравнивают

в составе проекта организации строительства (ПОС) и эксплуатации объекта. Интегральный критерий оценки качества СП (и ПОМ) должен описываться функционалом в виде множества, включающего в качестве ограничительных функций эмерджентные подмножества – экологические, термодинамические и социальные. Ввиду разнородности учитываемых явлений, решения учитывают и сравнивают посредством стоимостного, или денежного измерителя.

Обобщающим показателем логично считать интегральный экономический эффект (ИЭЭ). В нем должны находить отражение частные показатели эффективности ПОМ – трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость и др. Показатель ИЭЭ должен быть пригоден для комплексной оценки подпрограммы организации ПОМ и давать основание для принятия управленческих решений и оптимизации программы строительства объекта. Можно говорить о показателе ИЭЭ двух уровней [4]:

- ИЭЭ₁-подпрограммы организации ПОМ для предварительного отбора предпочтительных стратегий и сценария реализации ПОМ;
- ИЭЭ₂-программы строительства и эксплуатации объекта, дающей завершающую оценку эффективности функционирования транспортной ПТС, как системы более высокого уровня.

Решения относительно ПОМ выбираются на основе экономической оценки затрат и результатов, ожидаемых в течение расчетного срока, равного продолжительности (не менее нормативной) инвестиционного цикла строительной программы.

Интегральный показатель ИЭЭ определяется либо как алгебраическая разность затрат и результатов подпрограммы организации ПОМ, либо как превышение стоимости результатов над стоимостной оценкой совокупных затрат ресурсов в целом. Первый показатель (ИЭЭ₁) предпочтительно применять для предварительного рассмотрения альтернатив ПОМ и выбора предпочтительного сценария организационно-технологической реализации. При этом значение ИЭЭ может и не обеспечивать полной и всесторонней оценки экономического эффекта. Второй показатель предпочтителен для проверки определенвшегося решения по оценке эффективности функционирования системы более высокого иерархического уровня – например, строительной программы в целом, включающей подпрограмму организации ПОМ.

В этом случае величина ИЭЭ определяется по условиям функционирования транспортной ПТС в общехозяйственном комплексе, где учитываются не только затраты ресурсов, но также и эффект использования транспортного объекта в его взаимодействии с другими технологическими системами. Здесь ИЭЭ дает практически полную всестороннюю оценку реализации ПОМ. Такая величина эффекта может служить основанием для установления общей цены транспортного объекта, включая природоохранные мероприятия по всему циклу их осуществления. На его основе могут строиться также взаимоотношения с другими странами, если прослеживаются зональные и глобальные проявления функционирования транспортной ПТС.

Различные стратегии и сценарии реализации ПОМ призваны, по существу, получить единый полезный результат, а именно, обеспечить экологическое (и социальное) равновесие транспортной ПТС. Наиболее эффективным будет решение, имеющее наименьшую суммарную величину приведенных затрат и результатов Π_i за время t_p сравнения вариантов организации ПОМ. Интегральный эффект \mathcal{E}_u , достигаемый по одному решению в сравнении с другим, количественно \mathcal{E}_u определяется как разность суммарных значений приведенных затрат и результатов Π_o и Π_i по вариантам природоохранных мероприятий и их воздействию в продолжение $t_p > t_{\text{цн}}$.

В числе составляющих интегрального эффекта \mathcal{E}_u , рассмотрим эффект \mathcal{E}_o , проявляющийся в комплексах и структурах транспортной ПТС, в процессе функционирования проектируемого объекта, то есть по существу уже вне строительной программы. Эффект \mathcal{E}_o проявляется по двум группам составляющих [4]:

- в хозяйственном комплексе территории \mathcal{E}_o^x ;
- в социальной и природной системах транспортной ПТС $\mathcal{E}_o^{\text{ст}}$.

Показателями группы \mathcal{E}_o^x оценивается в том числе эффект опережающего ввода транспортного объекта. При этом преследуются цели оптимизации характера распределения во

времени капиталовложений на строительство дороги и ускорение всего цикла инвестиционного процесса, быстрого ввода в действие пусковых комплексов для оказания транспортных услуг. Показатели этой группы целесообразно рассчитывать при выборе программы организации строительства дороги и расчете значения критерия ИЭЭ₂.

Показателями группы Э₉^{сн} оцениваются отличия последствий реализации вариантов подпрограммы ПОМ в транспортной ПТС. Эффект оценивается, главным образом, за время после ввода объекта в эксплуатацию – в процессе функционирования транспортного объекта. Значения составляющих Э₉^{сн} определяются вариантом подпрограммы ПОМ, характером и областью проявления каждого мероприятия, действующими нормативами ПДК, стоимостью содержания экологических компенсаторов и «ценами» социально-экологических «отказов» ПТС.

Оценке эффекта Э₉^{сн} должен предшествовать социальный анализ мероприятий, который может выполняться с привлечением действующих способов оценки последствий в социальной и природной системах. Показатели группы Э₉^{сн} оцениваются прежде всего в составе критерия первого уровня – ИЭЭ₁.

Необходимость учета и приоритетность экологических требований приводят к разработке эколого-экономического подхода к расчету экономического эффекта инвестиционных программ и комплексных мероприятий. Он состоит в следующем [4]:

- вначале устанавливаются экологические ограничения (по конструкциям, технологиям, организации строительства);
- в их рамках производится оптимизация строительной программы, то есть устанавливается критерий эффективности и формируется функционал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Коптюг, В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г.): информ. обзор / В.А. Коптюг. -Новосибирск, 1993. -62 с.
- 2 Цернант, А.А. Методологические основы применения экосистемного метода к управлению качеством строительства / А.А. Цернант // Экспертиза и управление недвижимостью: межвуз. сб. науч. тр. / отв. ред. В.С. Воробьев; СГУПС. -Новосибирск, 2006.
- 3 Акимова, Т.А. Основы экоразвития: учеб. пособие / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. -М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1994. -312 с.
- 4 Об утверждении Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности [Электронный ресурс]: приказ Минприроды Рос. Федерации от 29.12.95 г. №539. -Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=300267>.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экосистемная концепция, железная дорога, устойчивое развитие, программа строительства*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ткаченко Виктор Яковлевич, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Лихачева Наталья Маратовна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЧНЫХ ПОТОКАХ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Ботвинков, В.Ю. Бессонов

MEASURES TO PREVENT AND SPILL OIL IN RIVER FLOWS
 «Novosibirsk state academy of water transport»
 V.M. Botvinkov, V.Yu. Bessonov

Are the main activities on the prevention and oil spill in river flows.

Keywords: oil spill, river flow

Приведены основные мероприятия о предупреждении и ликвидации разливов нефти нефтепродуктов в речных потоках.

Организация и проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов решается в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

В рамках РСЧС в целом координацию деятельности органов исполнительной власти по

ликвидации разливов нефти на суше и водных бассейнах в пределах территориальных вод Российской Федерации осуществляет МЧС России [3].

Организация и проведение операций по ликвидации разливов нефти на море осуществляется Министерством транспорта Российской Федерации через Госморспасслужбу России и его региональные подразделения.

Координация деятельности федеральных органов исполнительной власти при возникновении чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти федерального и трансграничного масштабов на море в рамках РСЧС или по поручению Правительства Российской Федерации, осуществляется МЧС России через Правительственную комиссию по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (Правительственная комиссия), положение о которой утверждено постановлением Правительства Российской Федерации №11 от 14 января 2003 г.

В соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации №240 от 15 апреля 2002 г. все организации, имеющие опасные производственные объекты, обязаны создавать собственные формирования (подразделения) для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

В настоящее время проблема разливов нефти носит глобальный характер. Она возникла с момента начала добычи нефти и в настоящее время её актуальность только возросла. Последним наиболее ярким примером данной проблемы явился разлив в Мексиканском заливе, где в результате аварии на нефтяной скважине компании «British Petroleum» в воды залива попало около 960 млн л нефти, нанеся тем самым колоссальный экологический и экономический ущерб.

Наибольшую опасность представляет собой транспортировка нефтепродуктов водным транспортом, а в особенности речными судами [7]. На данный момент множество научных трудов и исследований посвящены разливам нефтепродуктов на морских и океанических акваториях, меньшее внимание уделяется внутренним водным путям.

В связи с этим основной задачей, требующей решения, является разработка методов по определению планового положения и скорости распространения пятна нефтепродуктов на реках с учётом их гидравлических режимов, глубины, ширины реки, строения и крутизны берегов, и действий ветра.

Так же немаловажной является задача по определению наиболее эффективных методов и способов локализации, ликвидации и утилизации, разлившихся нефтепродуктах на реках, что в дальнейшем позволит максимально быстро ликвидировать произошедший розлив.

Основными, наиболее катастрофичными источниками разлива нефти на реке и в море являются аварии на танкерах в результате их столкновения с другими судами или инженерными сооружениями. Экологическая опасность аварийного случая и характер мероприятий по его ликвидации оцениваются, прежде всего, по объёму вылившегося нефтепродукта.

При повреждениях с образованием локальных трещин или отверстий в днище танкера выброс продукта из области повышенного давления может быть смоделирован по схеме «простого сопла». В такой модели волновые эффекты не учитываются, термодинамическое поле в объеме, содержащем нефть, принимается изотропным, поток считается адиабатическим [2]. Указанные допущения позволяют использовать гидродинамические соотношения для установившегося потока с введением времени в качестве параметра.

При планировании мероприятий по ликвидации разливов нефти очень важно заблаговременно знать основные параметры нефтяного пятна и скорость его формирования.

В начальной стадии самотормозящее проявление растекания нефти обусловлено главным образом действием удельного веса, которому противостоит сила инерции. После растекания нефти до критической толщины (около 8 мм) наиболее важным фактором, способствующим распространению нефти, становится поверхностное натяжение. В дальнейшем распространение нефтяной пленки тормозится тонким слоем воды. К тому моменту, когда толщина слика станет равной толщине этого водного слоя, вязкость становится основным фактором, препятствующим растеканию, и в связи с этим скорость последнего снижается. Как только толщина слика достигнет значения меньше критического, факторы, влияющие на растекание, будут зависеть от, объема вылитой нефти [6].

При растекании нефть теряет свои летучие и водно-растворимые компоненты, что снижает тенденцию остаточной нефти, характеризующейся более высокой вязкостью и температурой застывания, к дальнейшему растеканию, несмотря на то, что волнение на водной поверхности будет дробить слик на более мелкие части.

Разлившаяся на поверхности воды нефть перемещается в том же направлении и с той же скоростью, что и поверхностный слой воды [6]. Главными факторами, определяющими перемещение нефтяного пятна, являются течение и ветер.

Значительное влияние на нефтяные загрязнения оказывают поверхностные волны [1]. Они являются причиной волнового дрейфа, вызывают перемешивание нефти при обрушении волн, изменяют толщину нефтяного слоя над различными участками волн.

Под действием силы Кориолиса направление дрейфа отклоняется от направления скорости ветра на угол от 0 до 100°.

После прекращения растекания дальнейший рост площади нефтяного загрязнения будет происходить под действием турбулентной диффузии. Диффузия нефтяных загрязнений отличается от диффузии консервативных пассивных примесей. Неконсервативность нефтяной пленки обусловлена испарением, растворением нефти и биodeградацией, в процессе диффузии происходит изменение химического состава пленки. Следует отметить, что в случае нефтяной пленки имеет место горизонтальная диффузия, а для нефти в диспергированном состоянии диффузия будет трехмерной [1].

Волны способны изменять толщину нефтяного слоя над ними. Измерения толщины слоя нефти над волновой поверхностью (если толщина слоя более 1 мм) в лабораторных и натуральных условиях показали, что слой нефти становится более толстым над гребнями волн и уменьшается над впадинами [1].

На реке (в отличие от прогнозирования движения нефтяных пятен на морях) направление движения нефтяного разлива можно предугадать, зная режим реки, то есть распределение элементарных струек воды (переносящих загрязнение) в потоке. Скорость движения загрязнения напрямую зависит от скорости течения воды в реке, где течение воды всегда имеет одно направление, поверхностный перенос — относительно прямолинейный процесс. Под действием течения нефть переносится вниз по реке, а ветер смещает пятно к одному из берегов. Однако в некоторых устьях рек приливные движения могут вызывать движение воды вверх по реке; такие течения необходимо учитывать при планировании операций по ликвидации аварийных разливов нефти. Хотя общее направление потока воды — вниз по течению, движение воды в пределах русла разнится, и нефть может перемещаться быстрее или медленнее в разных его частях или скапливаться на участках с медленным течением.

Как известно, в реках движение воды неравномерное, а при изменении расходов воды во времени в период половодий в реках наблюдается самая сложная форма сочетаний — неустановившееся движение двухфазного потока в непризматических руслах с транспортированием наносов, а в холодное время года — и внутриводного льда. Это создает большие трудности при исследовании движения воды в реках. Движение, как правило, турбулентное, сопровождающееся перемещением наносов, льда и, как следствие, загрязнений.

Для турбулентного режима течения характерны дробление взвешенных частиц нефти, перемены векторов скоростей, пульсации скоростей, перемешивание струй потока. Поэтому нефть на реке практически всегда находится в эмульгированном состоянии и в виде множества отдельных нефтяных сликов: проследить трассу движения каждого из них проблематично.

Схематизация процесса движения нефтяного пятна по реке может быть выполнена на основе представления водного потока, несущего загрязнение в виде затопленной плоской турбулентной речной струи. Границы струи в плане описываются параболической кривой, распределение скоростей в зоне диффузии линейно, а эпюра имеет форму треугольника.

Принимая подобную схематизацию потока в зоне смешения речной струи, следует отметить, что основной внешней силой, определяющей плановые размеры струи и ее скоростную структуру, является донная сила трения, по величине превышающая силы внутреннего трения, действующие в зоне смешивания.

Нефтяное пятно на реках движется всегда вниз по течению. Струи воды всегда подводят загрязнения в береговую зону, причем немаловажную роль при этом играет ветровой нагон, который способствует приливу воды с загрязнителем на берег по его направлению. Для прогнозирования последствий аварийного разлива нефти следует знать, куда направлены преобладающие ветры, как они изменяются, какова средняя картина течений, но при этом предугадать направление движения пятна под воздействием ветра практически невозможно из-за непостоянности и непредсказуемости погодных явлений. На реках с сильным переформированием дна, то есть несущих большое количество взвешенных наносов, происходит перемешивание нефти с перемещающимися частичками грунта и осажде-

грязнений в донные отложения.

При нефтяных разливах на реках происходит наслоение загрязнителей, в результате замыва песком ранее загрязненных грунтов. Нефтяные загрязнения проникают глубоко в почву, особенно если это песчаные грунты, а во время половодий вода вымывает их, и происходит вторичное загрязнение.

Известно, что полностью локализовать и ликвидировать разлив нефти на реке в малой окрестности около точки разлива современными техническими средствами невозможно, вследствие существования большого числа случайных факторов, препятствующих успешному решению этой задачи (волнение, течение, неадекватность конструкции ограждения конкретной ситуации, близость берега и т.п.) [4]. Поэтому можно говорить лишь о той или иной величине возникающего экологического риска, с которой будет проведена операция по локализации и ликвидации конкретного случая разлива нефти с помощью типового судового набора технических средств для этой цели.

Большое количество часто повторяющихся своевременно не ликвидированных малых разливов нефти нанесут ущерб окружающей среде более ощутимый, чем редкий большой разлив, своевременно локализованный и ликвидированный специальными вне судовыми техническими средствами достаточно обученным персоналом.

Основной целью анализа траектории является оценка движения пятна для разработки стратегий реагирования [5]. На чистой воде в море простой анализ скорости и направления ветра и течения может быть достаточным для оценки движения нефти. Модели траекторий могут обеспечить более глубокую оценку при наличии необходимых данных о ветре и течении.

В озерах оценивать траектории пятна обычно проще, так как течения не являются таким важным фактором. В этом случае основными факторами, определяющими движение пятна, являются скорость и направление ветра.

На реках течения являются главной силой, влияющей на движение пятна, и, как правило (кроме вышеупомянутых случаев) в направлении устья реки. Ветер главным образом определяет, к какому берегу будет двигаться нефть. Максимум данных о поверхностных течениях используются, чтобы рассчитать время появления передней кромки у контрольных точек ниже по течению. Реки в Арктическом регионе имеют ярко выраженный сезонный режим с замедленным течением в зимние месяцы, резким подъемом воды и повышением скорости течения во время весеннего половодья и ледохода и постепенным снижением скорости потока в течение летних месяцев.

Нефть в битом льду перемещается в том же направлении и с той же скоростью, что и лед. Ветер оказывает сильное влияние на движение битого льда и небольшое дополнительное воздействие на нефть; исключение составляют крупные разводья. В разводьях с чистой водой ветер перемещает нефть к одной из сторон разводья.

Оценка движений погрузившейся нефти требует знания подводных течений. Часто скорость и направление подводных течений отличаются от поверхностных, например в заливах. Слежение за переносом нефти под льдом требует сведений об относительном движении льда и подледных течениях.

При всех попытках анализа траектории необходимо принимать в расчет худший вариант развития ситуации. Неопределенность, связанная с изменениями ветровых, погодных, волновых условий и течений, должна учитываться при оценке возможной траектории движения пятна. При этом из них выбираются наилучшие природные условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Боев, А.Г. Коэффициент затухания поверхностных волн под пленкой поверхностно-активного вещества конечной гидродинамической толщины / А.Г. Боев, Н.Н. Ясницкая // Приклад. гидромеханика. -2002. -Т.4, -№4. -С. 14-22.
- 2 Боев, А.Г. Гашение морского волнения пленкой поверхностно-активного вещества конечной толщины / А.Г. Боев, Н.Н. Ясницкая // Изв. Рос. акад. наук. Сер. Физика атмосферы и океана. -2003. -Т.39, -№1. -С. 132-141.
- 3 Ботвинков, В.М. Гидроэкология на внутренних водных путях: учеб. для водотрансп. вузов / В.М. Ботвинков, В.В. Дегтярев, В.А. Седых. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2002. -356 с.
- 4 Гладков, Г.Л. Оценка воздействия на окружающую среду инженерных мероприятий на судоходных реках: учеб. пособие для вузов / Г.Л. Гладков, М.В. Журавлев, Ю.П. Соколов. -СПб.: Изд-во А. Карданова, 2005. -241 с.
- 5 Глинский, В.В. Статистический анализ / В.В. Глинский, В.Г. Ионин. -М.: Инфра-М, 2002. -323 с.
- 6 Ермаков, С.А. О влиянии плёнок поверхностно-активных веществ на изменения спектров ветрового волнения под действием внутренних волн / С.А. Ермаков, Е.Н. Пелиновский, Т.Г. Талипова // Изв. АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана. -1980. -Т.16, -№11. -С. 1068-1076.
- 7 Курносов, А.Д. Защита внутренних водных путей и прибрежного шельфа морей от загрязнения нефтью и нефтепродуктами: учеб. пособие / А.Д. Курносов; под ред. В.А. Седых. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2005. -248 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разлив нефти, речной поток
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ботвинков Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Бессонов Владимир Юрьевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Г.Н. Свичкарева, Т.В. Андриюшина

THE CURRENT STATE AND TRENDS OF GRAPHIC PREPARATION OF STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITIES
«Novosibirsk state academy of water transport»
«Siberian state transport university»
G.N. Svichkareva, T.V. Andryushina

The article is devoted to teaching students of technical universities graphic disciplines, their relationship to other subjects, formation of the content from the perspective of an engineering drawing interdisciplinary approach

Keywords: graphics of discipline, professional education, internal disciplinary and interdisciplinary communication, contents

Статья посвящена обучению студентов технических вузов графическим дисциплинам, их связи с другими учебными предметами, формированию содержания инженерной графики с позиции междисциплинарного подхода.

Для обеспечения качественного образования в области графических дисциплин осуществляется перестройка системы подготовки в высшей школе на основе эффективного взаимодействия с рынком труда. Ускорение темпов изменения новых технологий приводит к необходимости разработки соответствующего содержания образования и методов обучения. Современные информационные технологии обеспечивают переход высшего профессионального образования на качественно новый уровень, реализуя принцип развивающего обучения. В условиях быстрого развития и расширения доступности информационных технологий передача «готовых» знаний перестает быть основной задачей учебного процесса, снижается значимость и привлекательность традиционных способов обучения.

Отсутствие связи между профессиональным образованием, научной, исследовательской и практической деятельностью увеличивает расхождение между содержанием обучения и современными требованиями обеспечения конкурентоспособности российских образовательных услуг на мировом рынке. Это отрицательным образом сказывается на интеграции в мировое образовательное пространство.

Современные Государственные образовательные стандарты российского высшего образования строго регламентируют нормы учебных часов, отводимых на изучение студентами графических дисциплин. Поэтому в настоящее время перед учеными и педагогами-практиками стоит задача построения таких дидактических систем, которые позволили бы повысить уровень самостоятельной работы обучающихся, чтобы они не просто овладевали знаниями, умениями и навыками, но и профессиональными компетенциями [1].

Важное место в обеспечении качества инженерно-технической подготовки специалистов занимает совокупность инженерно-графических дисциплин (ИГД): начертательная геометрия (НГ), инженерная графика (ИГ), компьютерная графика (КГ), пространственное моделирование (ПМ) и другие. Их изучение развивает пространственное и конструктивно-геометрическое мышление, логику, дает возможность анализировать графические модели пространства, геометрические линии, формы, формирует навыки использования знаний графических дисциплин в конструкторской и научной практике.

Перечисленные дисциплины являются основой графического образования, которое представляет «процесс обучения и воспитания, осуществляемый в ходе изучения геометро-графических учебных дисциплин в системе непрерывного общего и специального образования, при котором наряду с формированием определенной совокупности геометро-графических знаний, умений и навыков происходит развитие визуально-образного мышления учащихся, их геометро-графической культуры, формирование геометро-графических

компетентностей» [2, с.48].

Основное назначение начертательной геометрии в вузе – развитие пространственного мышления, способности представлять пространственные формы. Визуально-образный язык применяется в науке, технике, искусстве. Геометрические представления используются в различных областях: физике, математике, механике, дизайне, строительстве, архитектуре, рисунке и т.д. Неоценимо значение геометрических методов в развитии личности студента, которые формируют такие профессионально-значимые качества, как визуально-образное и пространственное мышление.

Методы начертательной геометрии применяются в фундаментальных науках (математика, физика, химия, информатика и другие предметы), так как в них используется построение и чтение изображений. В дисциплинах общетехнического цикла (теоретическая механика, сопротивление материалов, теория машин и механизмов и др.) рассматривается движение точек, прямых по кривым и поверхностям в пространстве. В специальных дисциплинах, которые определяются профилем специальности, таких как машиностроение, кораблестроение, самолетостроение, архитектура, дизайн, геодезия и картография, методы начертательной геометрии также находят широкое применение.

Таким образом, геометрические методы, формируемые начертательной геометрией, используются в дисциплинах всех циклов (естественнонаучного, гуманитарного, общетехнического, специального), графическая подготовка студентов не завершается на 1-2 курсах на кафедре инженерной графики, а продолжается на последующих курсах.

С развитием компьютерной графики и ее внедрением в области проектирования, производства и эксплуатации различных машин и оборудования, технических устройств и сооружений, в педагогических технологиях необходимо определить роль и место графических дисциплин в современном образовании.

Дисциплина «Инженерная графика» считается одной из учебных дисциплин, без которой невозможно дальнейшее обучение студента в техническом вузе. «Хорошая графическая подготовка студентов, наряду с необходимым объемом знаний и навыков, дает возможность им успешно осваивать избранную специальность и более продуктивно использовать современные разработки в инженерной области, поскольку учит работать с техническими чертежами, схемами, документацией» [3, с.15-16].

Основная цель изучения курса «Инженерная графика» – выработка знаний, умений, навыков и компетенций, которые необходимы студентам при чтении и выполнении чертежей, эскизов, составлении конструкторской и технической документации.

Грамотно организованная графическая подготовка будущих специалистов позволяет повысить качество образования, расширить кругозор, дает студентам возможность участвовать в изобретательской и проектной деятельности, а после окончания вуза – быстро приспособиться к условиям современного производства.

Основная цель дисциплин «Компьютерная графика», «Пространственное моделирование» – знакомство со средствами и методами компьютерной графики, приобретение навыков работы с графическими и прикладными программами. В современных условиях выпускник должен уметь хорошо «читать» и создавать чертежи не только на бумаге, но и на экране монитора с помощью различных графических программ. В высшей школе студентов необходимо подготовить к профессиональной деятельности, где на каждом шагу возникают новые задачи, которые можно решать эффективно, только имея развитое логическое и пространственное мышление. Этому способствует все более расширяющееся сотрудничество с иностранными компаниями, когда возникает необходимость разработки, хранения и передачи конструкторской и технологической информации в электронном виде. В связи с этим особенно актуально стоит задача подготовки инженеров, способных применять новейшие компьютерные технологии. Происходящие интеграционные процессы, расширение и использование сети Internet, развитие межнационального общения требуют от специалистов знаний и умений использовать графическую информацию в профессиональной сфере [4].

В настоящее время обучение студентов графическим дисциплинам во многих вузах не отражает специфику их будущей профессиональной деятельности, так как связь между графическими и специальными предметами выражена слабо. На межпредметном уровне главным фактором должна выступать логика развития науки и производства, реализуемая в профессиональной деятельности во время следующих этапов: от разработки идей на основе научных знаний до технического и технологического воплощения и практическая реализация. Роль компьютерных технологий в таких учебных ситуациях трудно переоценить. Мо-

делирование в ходе создания чертежей или получении результатов экспериментов позволяет каждому студенту сформировать образ изучаемого объекта или явления во всей его целостности и многообразии связей.

Выявление междисциплинарных связей между предметами позволяет преподавателю более осознанно подойти к распределению учебного времени, отводимого для изучения каждой дисциплины, исключить повтор материала, наладить контакты с кафедрами, заинтересованными в изучении графических дисциплин, создать единую методику изложения основных вопросов, общую терминологию, согласовать календарные сроки изучения тем и разделов.

«Междисциплинарная интеграция призвана обеспечить единый подход преподавателей разных дисциплин к решению общих учебно-воспитательных задач на основе мировоззренческого обобщения знаний. Возможности такого обобщения неизмеримо возросли после принятия Государственных образовательных стандартов. При составлении учебных программ усиливается внимание к проблеме междисциплинарной интеграции, повышающей уровень научности, теоретической обобщенности знаний. Это, в свою очередь, способствует росту развивающего и воспитывающего потенциала дифференцированной (предметной) системы обучения» [5, с.39].

Процесс формирования содержания и структуры образования до настоящего времени полностью не отработан. Анализ учебных планов, рабочих программ, учебной и методической литературы, тестов свидетельствует о случайном характере отбора информации в рамках учебного процесса. В результате чего, студенты тратят много времени на изучение второстепенного учебного материала, а не основного, действительно нужного. Причиной такого явления можно считать эмпирический, субъективный, недостаточно обоснованный способ отбора учебного материала без определения последовательности изучения и связей с другими дисциплинами.

Реализация внутри- и междисциплинарных связей является важным средством совершенствования обучения в вузах, повышения уровня профессиональной подготовки специалистов и должна осуществляться на основе принципов системности, научности и связи с будущей профессиональной деятельностью. Межпредметные связи помогают, более глубоко найти общие точки соприкосновения в различных предметах и в большем объеме преподаности содержание дисциплин.

Возникает вопрос, как осуществить выбор содержания учебного материала, определяющий достаточно высокий уровень профессиональной подготовки студентов, и обеспечить его интеграцию с содержанием других учебных предметов. «Сложившаяся к настоящему времени практика составления учебных программ не позволяет обеспечить точного соответствия между структурой и содержанием ИГД с другими дисциплинами учебного плана, в которых непосредственно или косвенно используются методы и положения НГ, ИГ, КМ. Вместе с тем, в практике разработки рабочих программ по ИГД используется, по существу, эвристический принцип обоснования содержания, базирующийся на опыте преподавателя, аналогиях, и поэтому во многом субъективен, слабо учитывает специфику специальности и необходимость быстрого отклика на изменения требований к конкретной инженерной деятельности. Такой подход часто приводит к ошибочным решениям, последствия которых для задач повышения качества подготовки специалистов и обеспечения ее стабильности могут быть очень весомыми, особенно в условиях реально возникающей конкуренции технических вузов» [6, с.205].

С позиции системного подхода вся совокупность информационно связанных общетехнических и специальных дисциплин учебного плана может быть представлена в виде графа, вершины которого представляют дисциплины, ребра – внутри- и междисциплинарные связи.

Нами были проанализированы внутри- и межпредметные связи дисциплины «Инженерная графика», определены коэффициенты значимости разделов ИГ, решена задача выбора содержания ИГ [6]. Предложенная модель оптимизации содержания дисциплины «Инженерная графика» является инструментом для формализованного анализа содержания и структуры рабочих программ, а также вспомогательным средством для уточнения существующих и разработки новых учебных планов по различным направлениям подготовки бакалавров, специалистов и магистров.

Таким образом, межпредметные связи и интеграция графических и профессиональных знаний возможна, если учебные задачи кафедры графики соответствуют содержанию работ и требований выпускающих кафедр и научного опыта преподавателей других ка-

федр, так как данная проблема носит междисциплинарный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Андриюшина, Т.В. Педагогические коммуникации в процессе обучения графическим дисциплинам / Т.В. Андриюшина // Межпредметная интеграция в учебном процессе вуза: материалы IV межвуз. науч.-практ. конф. -Чита, 2002. -С. 179-189.
- 2 Шангина, Е.И. Методологические основы формирования структуры и содержания геометро-графического образования в техническом вузе в условиях интеграции с общеинженерными и специальными дисциплинами: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / Е.И. Шангина. -М., 2010. -467 с.
- 3 Острожков, П.А. Технология организации самостоятельной работы студентов технических вузов в процессе графической подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / П.А. Острожков. -Тамбов, 2009. -231 с.
- 4 Андриюшина, Т.В. Развитие творческой активности студентов в техническом вузе / Т.В. Андриюшина, Е.В. Андреева // Высш. образование сегодня. -М., 2008. -№11. -С. 69-72.
- 5 Иванов, В.Г. Теория интеграции образования: науч. изд. / В.Г. Иванов. -2-е изд., перераб. -Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ, 2005. -172 с., 18 л. ил.
- 6 Свичкарева, Г.Н. Оптимизация структуры и содержания дисциплины «Инженерная графика» в техническом вузе / Г.Н. Свичкарева // Ом. науч. вестн. -Омск, 2012. -№3. -С. 205-209.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *графические дисциплины, профессиональное образование, внутродисциплинарные и междисциплинарные связи, содержание дисциплины*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Свичкарева Галина Николаевна, старший преподаватель ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Андриюшина Татьяна Васильевна, канд. пед. наук, доцент ФБОУ ВПО «СГУПС»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОПЫЛЕОСАЖДЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Е.Г. Порсев, А.И. Коноваленко

THE PROBLEMS OF INDUSTRIAL ELECTROSTATIC PRECIPITATION

«Novosibirsk state academy of water transport»

E.G. Porsev, A.I. Konovalenko

Electrostatic filters are used for removing solid and liquid particles from gases in different branches of industry. Retrospective analysis of scientific and technical data has revealed that the problem of increasing of efficiency and reducing of production cost is urgent and currently important.

Keywords: electrostatic precipitation, a precipitator, gas filtration, dust collecting

Электростатические фильтры применяются для улавливания твердых и жидких частиц в газах в различных отраслях промышленности. Ретроспективный анализ научно-технической информации показал, что проблема повышения производительности и снижение себестоимости актуальна и интерес к ней нарастает.

Требование к экологической безопасности в различных отраслях производственной деятельности ужесточаются. Человечество стоит перед проблемой предотвращения загрязнения атмосферы производственными выбросами, в том числе газами, содержащими твердые вещества.

Среди аппаратов по очистки газов широкое применение получили электрофильтры. Они применяются для улавливания твердых и жидких частиц в газах. Эффективность электрофильтров достигает 99% и выше. Промышленные электрофильтры применяются в диапазоне температур до 400-450 °С, могут работать как под разрежением, так и под давлением очищаемых газов. Электрофильтры отличаются относительно низкими эксплуатационными затратами. Системы пыле- и золоулавливания с применением электрофильтров могут быть полностью автоматизированы [1, 2].

Системы электропылеосаждения не всегда устраивают производство по ряду причин:

– сложная система очистки осадительных полей;

– высокая себестоимость, связанная с металлоемкостью аппарата, занятием большой площади, необходимостью применения специальных повысительно-выпрямительных агрегатов высокого напряжения (70-110 кВ) для электропитания фильтра;

– низкая производительность (степень очистки).

Проблемная ситуация таким образом заключается в том, что производству необходимо повышение производительности (глубины очистки) и снижение себестоимости.

Ретроспективный анализ научно-технической информации в области электропылеосаждения дал следующие результаты.

– Происходит рост интереса производства и науки к данной проблеме (рисунок 1). Пик интереса приходится на 2006-2007 гг. по научно-техническим публикациям. Некоторое падение, наблюдающееся в 2008-2009 годы, объясняется мировым кризисом. Тем не менее, даже в кризисные годы количество научно-технических публикаций превышает таковое в начале 90-х годов.

– Просматривая динамику патентования в области электропылеосаждения за рубежом (рисунок 2), наблюдаем рост количества патентов к концу 1990-х и началу 2000-х. Пик наблюдается в 2002 году, затем небольшой спад и опять увеличение к 2007-2008 гг.

– Патентование в области электропылеосаждения в России происходит следующим образом (рисунок 3): в 90-е годы пик приходится на 1998 год, далее спад до 2003 года. С 2003 года наблюдается динамика роста количества зарегистрированных патентов по информации на сегодняшний день.

– Если проследить мировую динамику патентования в области электропылеосаждения, то получим следующую картину (рисунок 4). За последние 20 лет количество патентов увеличивается. Имеются скачки патентования в 1998 году и спады в 2001 году. Далее наблюдаем с каждым годом динамику роста количества патентов.

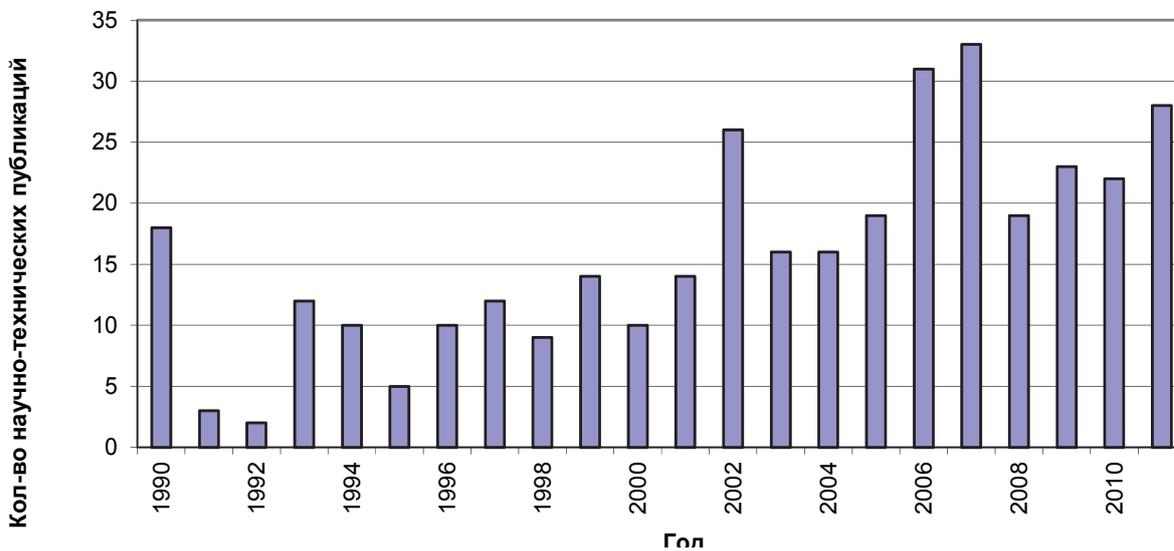


Рисунок 1 – Частота научно-технических публикаций по проблеме электростатического пылеосаждения

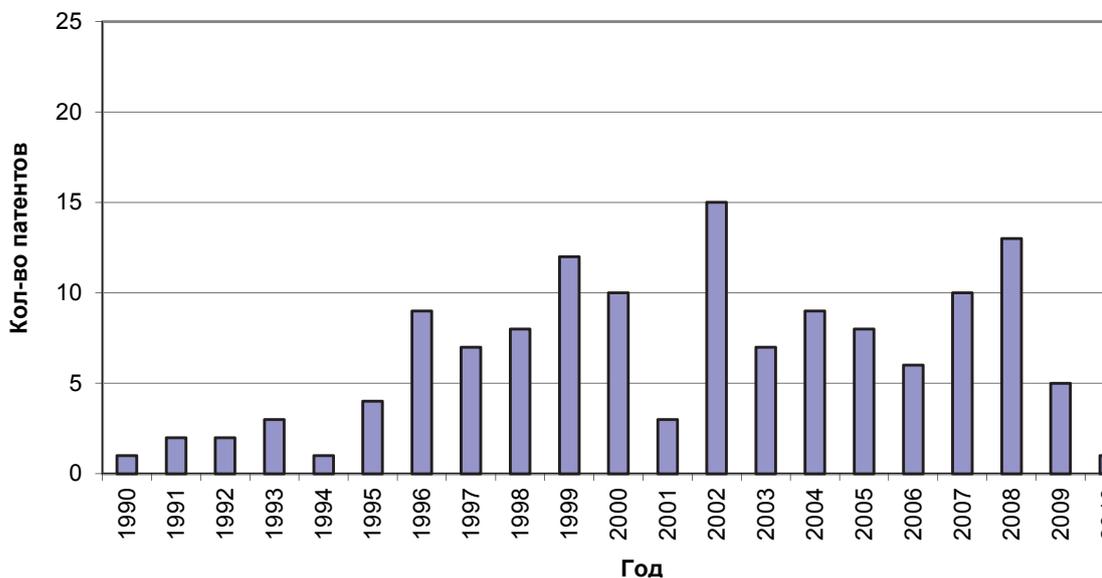


Рисунок 2 – Динамика патентования электрофильтров в 1990-2010 гг. за рубежом

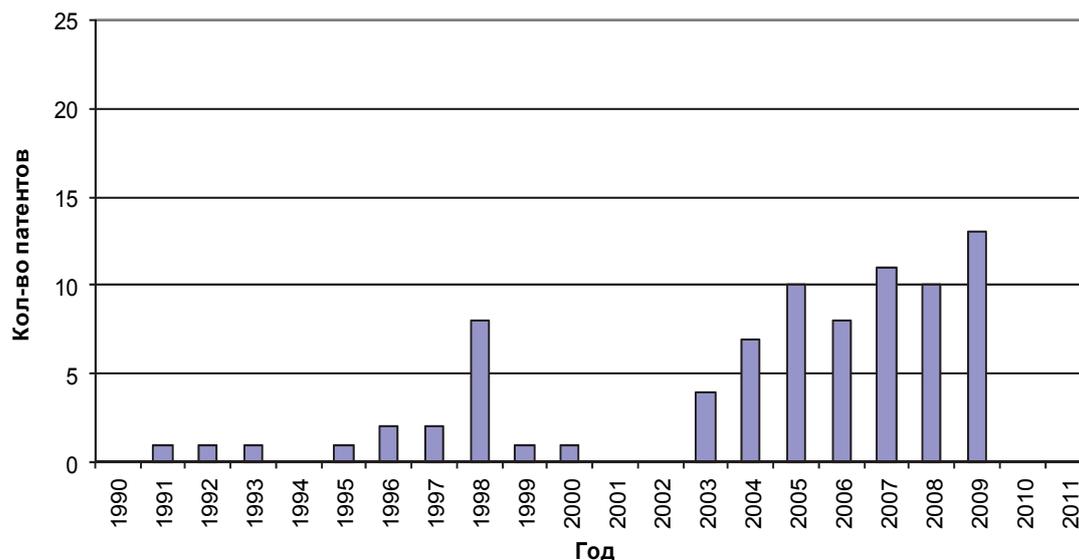


Рисунок 3 – Динамика патентования электрофильтров в 1990-2010 гг. в России

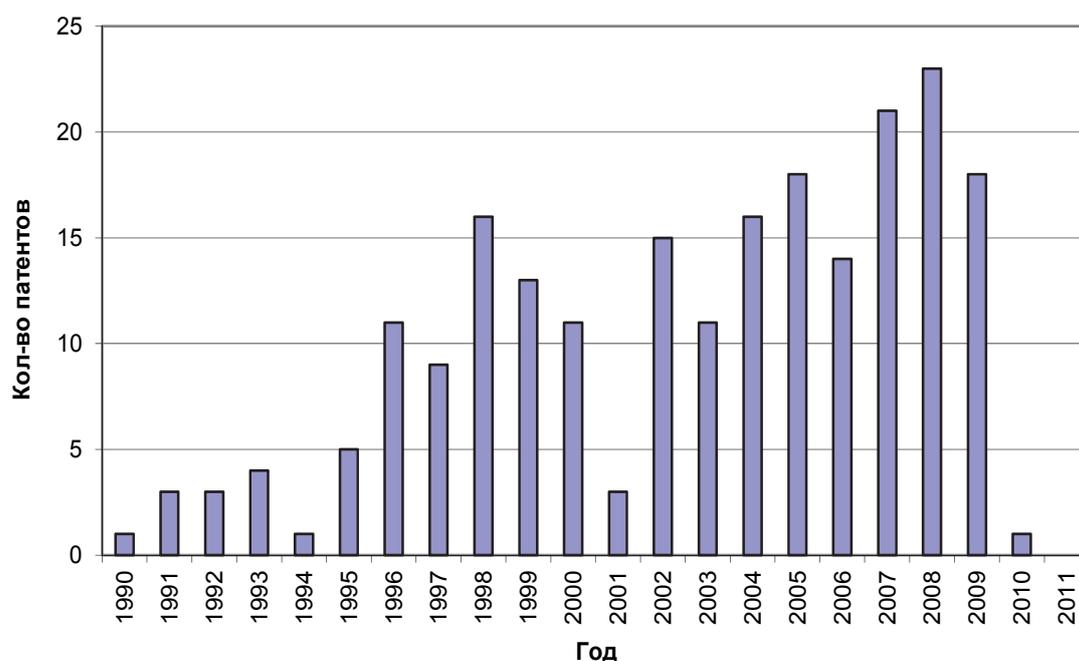


Рисунок 4 – Всемирная динамика патентования электрофильтров в 1990-2010 гг.

Проследив динамику патентования электрофильтров и частоту научно-технических публикаций за последние 20 лет, наблюдаем рост интереса к данной проблеме.

Проблема повышения производительности и снижения себестоимости электростатических пылесадителей актуальна и требует не только внимание ученых и конструкторов, но и финансирования новых разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер [и др.]; под общ. ред. А.А. Русанова. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1983. -312 с.: ил.
 2 Гончаренко, Г.В. Экспериментальные исследования коронирующих электродов на стенде электрофильтров / Г.В. Гончаренко, С.А. Скоробогатов, В.П. Глебов // Электр. ст. -2006. -№6-1. -С. 69-72.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электростатический пылесадитель, электрофильтр, очистка газов, пылеулавливание
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Порсев Евгений Георгиевич, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
 Коноваленко Александр Иванович, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗЛИВОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ЛИКВИДАЦИИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НА РЕКАХ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Ботвинков, В.Ю. Бессонов

METHOD FOR DETERMINING TRANSMISSION OIL SPILL IN THE TRANSPORT AND RESPONSE ON THE RIVERS
«Novosibirsk state academy of water transport»
V.M. Botvinkov, V.Yu. Bessonov

The method of determination of oil spill and response on the rivers.

Keywords: oil spill, river

Разработана методика определения розливов нефтепродуктов и ликвидации их последствий на реках.

Целью исследований процессов разливов нефти и нефтепродуктов при авариях судов являлось изучение характеристик повреждений транспортных судов и характера разливов.

В настоящей статье представлена методика определения распространения разливов при перевозке нефтепродуктов и ликвидации их последствий на реках, разработанная на основе полученных данных, в результате натурных исследований и лабораторных экспериментов [7-9]. Методический план был подготовлен с учётом возможности для практического применения, позволяющий в кратчайшие сроки на основании информации полученной от экипажа судна оценить дальнейшее распространение нефтяного загрязнения, с учётом таких важных характеристик как площадь нефтяного пятна, его длина по фарватеру реки и изменение площади загрязнения по времени.

Методика определения распространения разливов нефти и нефтепродуктов, а так же ликвидации последствий данного разлива заключается в постановке целого комплекса задач. Согласно методике прогнозной оценки загрязнения открытых водоисточников [11], а так же руководству по ликвидации разливов нефти [13] оперативный план действий должен включать в себя четко выстроенный алгоритм принимаемых решений и действий:

- 1 Сбор информации и оценка ситуации;
- 2 Определение задач операции реагирования;
- 3 Разработка стратегий решения этих задач;
- 4 Выбор соответствующей техники, метода и тактики применения стратегии;
- 5 Оценка практичности, выполнимости и безопасности стратегий и методов или тактик с точки зрения окружающей среды и природы разлива;
- 6 Подготовка оперативного плана;
- 7 Применение плана операции по реагированию на месте разлива.

Первым этапом, определяющим все дальнейшие действия, является сбор информации и оценка полученных данных. Сбор информации заключается в получение данных, которые необходимы для прогноза дальнейшего развития ситуации по средствам физико-математических моделей, имитирующих поведение слоя разлитой на водной поверхности нефти, и позволяющих прогнозировать его перемещение под действием различных факторов.

На первоначальном этапе сбор и передачу информации, а так же контроль над обстановкой на месте аварии осуществляет экипаж судна [2]. Капитан судна сообщает информацию о масштабе аварии (объём вылившихся нефтепродуктов; размеры пробоины; площадь нефтезагрязненной акватории; скорость течение в русле; климатические условия на участке реки и т.д.) и одновременно дает распоряжение членам экипажа на выполнение возможных работ по локализации разлива и предотвращению возможности возникновения пожара.

После получения всех необходимых данных производится расчёт, позволяющий дать прогноз дальнейшему распространению пятна нефтепродуктов. Оценить траекторию движения нефтяного пятна с учётом всех факторов позволяют компьютерные программы, разработанные на основе математических моделей.

Согласно разработанной методике, для проведения оценки траектории движения нефтяного пятна используется модель распространения и трансформации нефтяного разлива,

разработанная Павловым А.А. [12] и предварительно дополненная расширенным рядом изначально используемых характеристик. Модель дополнена вводом характеристик скорости и направления ветра, а так же фактором, учитывающим наращивание площади загрязнения, зависящим от интенсивности истечения нефти и нефтепродуктов из пробоины. Для установления влияния скорости и направления ветра используется векторное выражение, предложенное Курносовым А.Д. [10]. Для определения интенсивности истечения нефтепродуктов из пробоины судна, используется разработанная методика, позволяющая более точно установить площадь загрязнения, её увеличение со временем, а так же дать более достоверный расчёт дальнейшему распространению пятна нефтепродуктов.

В качестве методики определения расхода нефтепродукта истекающего из пробоины нефтеналивного судна, представлен алгоритм, состоящий из пяти этапов:

1 На первом этапе экипажем судна определяется форма полученной пробоины, и производятся её замеры (длина; ширина; площадь). Так же замеряется текущий уровень нефтепродуктов в танке и уровень положения пробоины относительно поверхности воды. После сбора всей необходимой информации, данные передаются диспетчеру данного района водных путей и судоходства.

2 По полученным данным, согласно классификации предложенной Чугаевым Р.Р. [14], устанавливается тип пробоины:

– малое $\Omega/\omega \leq 4,0$;

– большое $\Omega/\omega \geq 4,0$,

где Ω – площадь подходного сечения, см²;

ω – площадь отверстия, см².

3 По принятому типу пробоины и произведённым замерам, а так же согласно отношению площади пробоины к квадрату напора над его центром (ω/H^2), определяется коэффициент расхода μ . Коэффициент расхода устанавливается по кривым, полученным в результате лабораторных исследований для малых (рисунок 1) и больших (рисунок 2) пробоин [9].

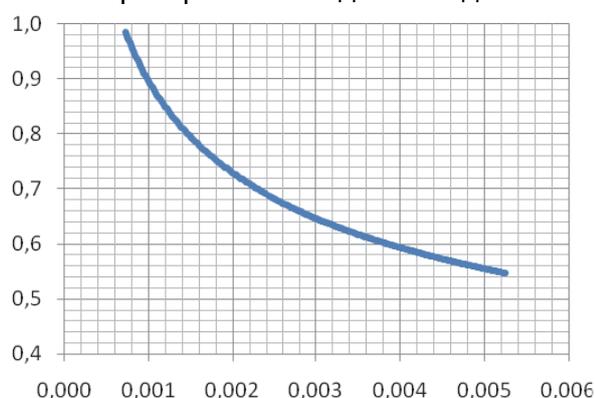


Рисунок 1 – График функции $\mu = f(\omega/H^2)$

для больших пробоин

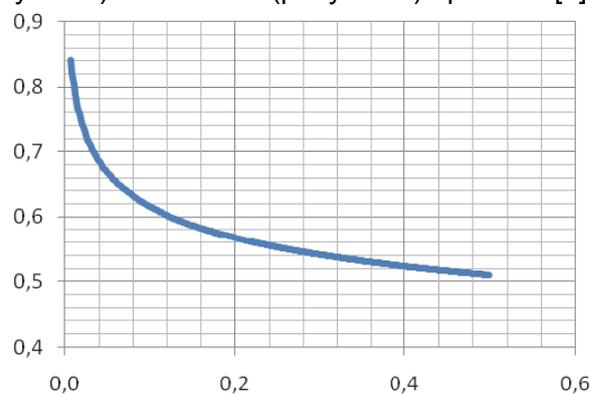


Рисунок 2 – График функции $\mu = f(\omega/H^2)$

для малых пробоин

4 В соответствии с транспортируемой маркой нефти или типом нефтепродукта и его вязкости ρ , определяется поправочный коэффициент k . Данный коэффициент устанавливается по графику, полученным в результате лабораторных исследований в области изучения влияние вязкости нефти или нефтепродукта на скорость его истечения из полученной пробоины [7] (рисунок 3).

5 После того, как все необходимые коэффициенты установлены, производится расчёт расхода нефтепродукта из полученной пробоины. Ниже приведены формулы, позволяющие определить расход нефтепродукта при не затопленной (1) и затопленной пробоине (2) [14]

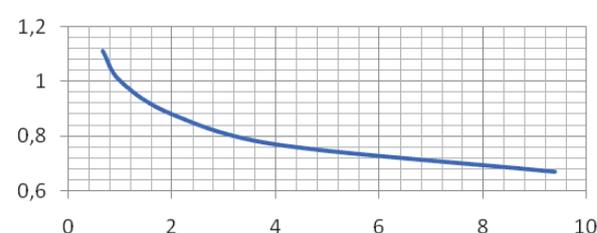


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента k от вязкости ρ транспортируемого нефтепродукта

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gh_c} \quad (1)$$

где h_c – разность уровней нефтепродукта и забортной воды.

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gZ_c}, \quad (2)$$

где Z_c – разность уровней нефтепродукта и забортной воды.

Согласно нормативным документам [1; 3-6], после сбора всей необходимой информации и оценки сложившейся ситуации, проводятся работы по подготовке оперативного плана, включающего в себя выбор соответствующей техники, метода и тактики применения разработанной стратегии. Далее после уточнения обстановки на месте аварии, прибывшим аварийно-спасательным формированием осуществляются работы по локализации и ликвидации нефтяного разлива.

Локализация и ликвидация разливов нефти и нефтяных продуктов должна выполняться многофункциональным комплексом задач с использованием технических средств и реализацией различных методов.

Первоочередные мероприятия направляются на локализацию нефтяных пятен, чтобы избежать дальнейшего распространения и загрязнения соседних участков, защитить естественные богатства и ресурсы акватории, а так же для уменьшения загрязненных площадей. Локализация представляет собой процесс, включающий соответствующие стадии по каждой стратегии реагирования, методу или технологии.

После того как разлившуюся нефть удастся локализовать и сконцентрировать, следующим этапом является ее ликвидация. Методы ликвидации аварийных разливов нефти весьма многообразны. Решающими факторами при выборе наиболее подходящего являются время, масштабы экологической угрозы и величина разлива.

После того, как нефтяной разлив удалось ликвидировать, производятся работы по утилизации нефти или нефтепродукта, при условии проведения механического сбора. Одновременно проводятся работы по очистке берегов, в случае если при распространении загрязнения были задеты участки береговой линии.

В ходе изучения проблемы разливов нефти и нефтепродуктов, а так же анализа результатов натурных исследований и лабораторных экспериментов, была разработана методика определения распространения пятна нефтепродуктов. Данная методика позволяет в оперативном режиме предоставить всю необходимую информацию и дать оценку дальнейшему распространению нефтяного загрязнения. Результатом моделирования движения пятна нефти по водной поверхности является расчет наиболее важных характеристик загрязнения, таких как площадь нефтяного пятна, его длина по фарватеру реки и изменение площади загрязнения по времени. Данная информация позволяет верно, оценить масштаб текущей чрезвычайной ситуации, грамотно спланировать оперативный план привлечения необходимых сил и средств, а так же верно разработать необходимую стратегию проведения операции по локализации и ликвидации нефтяного разлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства РФ от 03 авг. 1996 г. №924 // Рос. газета. -1996. -21 авг. (№158).
- 2 Положение о предоставлении информации о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнения и чрезвычайных ситуациях техногенного характера, которые оказали, оказывают, могут оказать негативное воздействие на окружающую среду: постановление Правительства РФ от 14 февр. 2000 г. №128.
- 3 О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: постановление Правительства РФ от 21 авг. 2000 г. №613.
- 4 О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 15 апр. 2002 г. №240 // Собр. законодательства РФ. -2002. - №16.
- 5 О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства РФ от 30 дек. 2003 г. №794.
- 6 Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации: приказ М-ва чрезвычайн. ситуаций РФ от 28 дек. 2004 г. №621.
- 7 Бессонов, В.Ю. Влияние физических свойств нефтепродуктов на их истечение из отверстий / В.Ю. Бессонов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 204-206.
- 8 Бессонов, В.Ю. Истечения нефтепродуктов из танкера в результате аварии, при его маневрировании на повороте русла реки / В.Ю. Бессонов, В.А. Седых // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 194-196.
- 9 Бессонов, В.Ю. Экспериментальные исследования процессов разлива и распространения нефтепродуктов при авариях судов на внутренних водных путях / В.Ю. Бессонов, В.М. Ботвинков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -Новосибирск, 2012. -№1. -С. 184-187.
- 10 Курносов, А.Д. Защита внутренних водных путей и прибрежного шельфа морей от загрязнения нефтью и нефтепродуктами: учеб. пособие / А.Д. Курносов; под ред. В.А. Седых. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2005. -248 с.
- 11 Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоисточников аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях. -М.: ВНИИ ГОЧС, 1996. -57 с.
- 12 Павлов, А.А. Моделирование распространения аварийных разливов нефти по участкам водотоков малых рек: авто-

реф. ... дис. канд. техн. наук / А.А. Павлов. -М., 2012. -212 с.

13 Руководство по ликвидации разливов нефти на морях, реках и озерах / отв. ред. Г.М. Овчинников. -СПб.: ЦНИИМФ, 2002. -344 с.

14 Чугаев, Р.Р. Гидравлика: учеб. для вузов / Р.Р. Чугаев. -4-е изд. доп. и перераб. -Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. -672 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *разлив нефти, река*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Ботвинков Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Бессонов Владимир Юрьевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»*

ИТОГИ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТЕЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ПРОБОИН ТАНКЕРОВ В ПРАКТИКУ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.М. Ботвинков, В.Ю. Бессонов

**IMPLEMENTATION OF RESEARCH RESULTS EXPIRATION OF OIL TANKERS IN PRACTICE HOLES SPILL OIL
«Novosibirsk state academy of water transport»**

V.M. Botvinkov, V.Yu. Bessonov

Results of implementation.

Keywords: oil spill, river

Результаты внедрения.

На основе полученных данных в результате натурных исследований и лабораторных экспериментов, связанных с изучением процессов разлива и распространения нефтепродуктов при авариях судов на внутренних водных путях [1-3], был разработан методический материал. Методический план был подготовлен с учётом возможности для практического применения, позволяющий в кратчайшие сроки на основании информации полученной от экипажа судна оценить дальнейшее распространение нефтяного загрязнения, с учётом таких важных характеристик как площадь нефтяного пятна, его длина по фарватеру реки и изменение площади загрязнения по времени. Специально подготовленный методический материал был передан в Новосибирский; Томский; Омский и Барнаульский районы водных путей и судоходства.

Авария, на которой были апробированы полученные результаты исследований, произошла 8 сентября 2011 г. Теплоход «Сигнал-1» проекта 861А мощностью 150 л.с. с толкаемым составом из двух барж – площадок проекта 183А («ГП-77» и «ГП-202» грузоподъёмностью 200 т каждая) счланных бортами (судовладелец ООО «ЮргаРегионГазАвто») гружёных контейнерами для перевозки дизельного топлива марки 3-0,2. При заходе на перекат Плохой на 3-м км протоки Канеровская (рисунок 2), совершил удар баржей «ГП-77» (рисунок 1), о частично затопленную баржу. В результате удара баржа «ГП-77» получила разрыв бортовой обшивки, повредив танк с дизельным топливом.



Рисунок 1 – Пробоина в барже «ГП-77»

После удара из полученного отверстия началось интенсивное истечение дизельного топлива. Капитаном судна было принято решение остановить судно у правого берега и произвести оценку масштаба аварии, включающее в себя: объем вылившихся нефтепродуктов, площадь нефтезагрязненной акватории, а так же результаты замеров полученной пробоины (рисунок 3). Все полученные данные были переданы дежурному диспетчеру Томского района водных путей и судоходства, где согласно полученной методике был произведён расчёт

интенсивности истечения нефтепродукта.

По полученным данным, согласно методике был установлен тип отверстия – «малое». Согласно графикам [4] были определены: коэффициент расхода ($\mu = 0,85$) и поправочный коэффициент ($k = 0,87$). Таким образом, интенсивность истечения дизельного топлива составила ($Q = 5,67 \text{ м}^3/\text{с}$).

На основе полученной информации был произведён анализ обстановки и разработан оперативный план действий по локализации и ликвидации нефтяного разлива. По прибытию на место, аварийно-спасательной службы во главе с руководителем работ по ликвидации аварийного разлива, была оценена текущая обстановка. В соответствии с оперативным планом, было принято решение об установке пневматического пластыря на корпус судна для предотвращения дальнейшего истечения дизельного топлива и установке фильтрующих и боновых заграждений на 18 км притоки Канеровская для локализации разлива.

Для того чтобы сконцентрировать движущееся дизельное топливо, ниже по течению притоки Канеровская были установлены фильтрующие ограждения, представляющие собой металлическую сеть, на растяжках используемую в качестве держателя фильтрующих сорбентов. В качестве последнего рубежа, ещё ниже по течению были установлены заградительные боны совместно с установленным на них скиммером, предназначенным для сбора остаточных загрязняющих пятен (рисунок 4).

Разлившийся нефтепродукт был собран в герметичную цистерну и транспортирован к месту утилизации. В качестве обработки берега использовался метод смывания дизельного топлива холодной водой с малым напором, позволяющий свести к минимуму вредное воздействие нефтепродукта на экологию.

Согласно схеме участка притоки Канеровская, чрезвычайная ситуация была осложнена тем, что разлив дизельного топлива произошёл в 4 км от села Тогур, что не позволило локализовать разлив до подхода пятна к зоне населённого пункта. Проведённый анализ работ по локализации и ликвидации разлива показал, что время реагирования аварийно-спасательных подразделений было своевременным и позволило максимально сократить зону распространения пятна, а так же не допустить попадания дизельного топлива в ближайшие притоки. Все спланированные работы по очистке берегов были выполнены своевременно и в полном объёме.

Таким образом, принятые меры и качественная оценка полученной информации позволили в оперативном режиме разработать план по ликвидации аварийного разлива дизельного топлива. Информация об интенсивности истечения нефтепродукта, скорости течения реки, скорости и направлении ветра позволили определить интенсивность распространения пятна, и спланировать место установки оборудования для сбора нефтепродукта. Следовательно, можно сделать вывод, что разработанная методика позволяет в оперативном режиме дать достоверную оценку и прогноз развитию аварийной ситуации.

После апробирования разработанной модели, результаты исследований, а так же разработанная методика определения распространения разливов при перевозке нефтепродуктов и ликвидации их последствий на реках, были переданы для внедрения в ЗАО «Сибречпроект» и ФБУ «Обское государственное бассейновое управление водных пу-

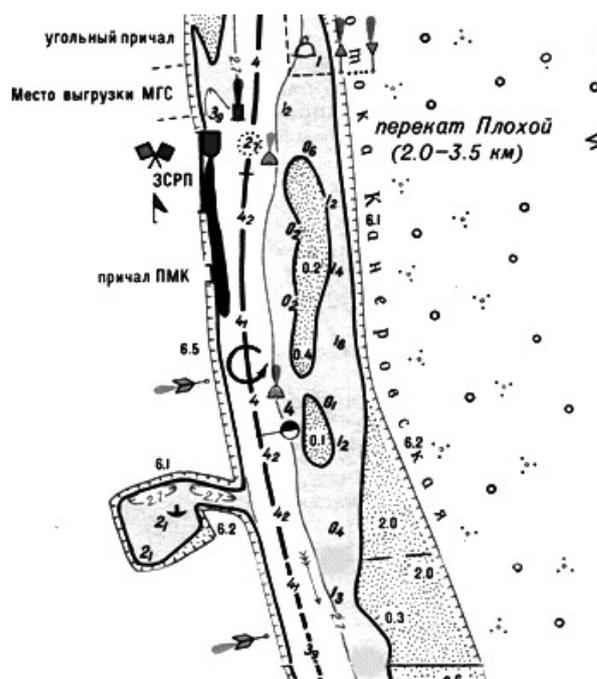


Рисунок 2 – Схема разлива дизельного топлива на 3 км притоки Канеровская (перекат Плохой)

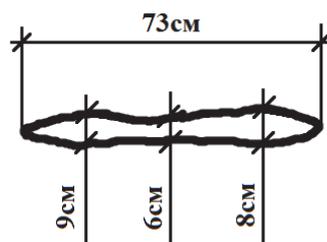


Рисунок 3 – Пробоина баржи «ГП-77»

тей и судоходства».

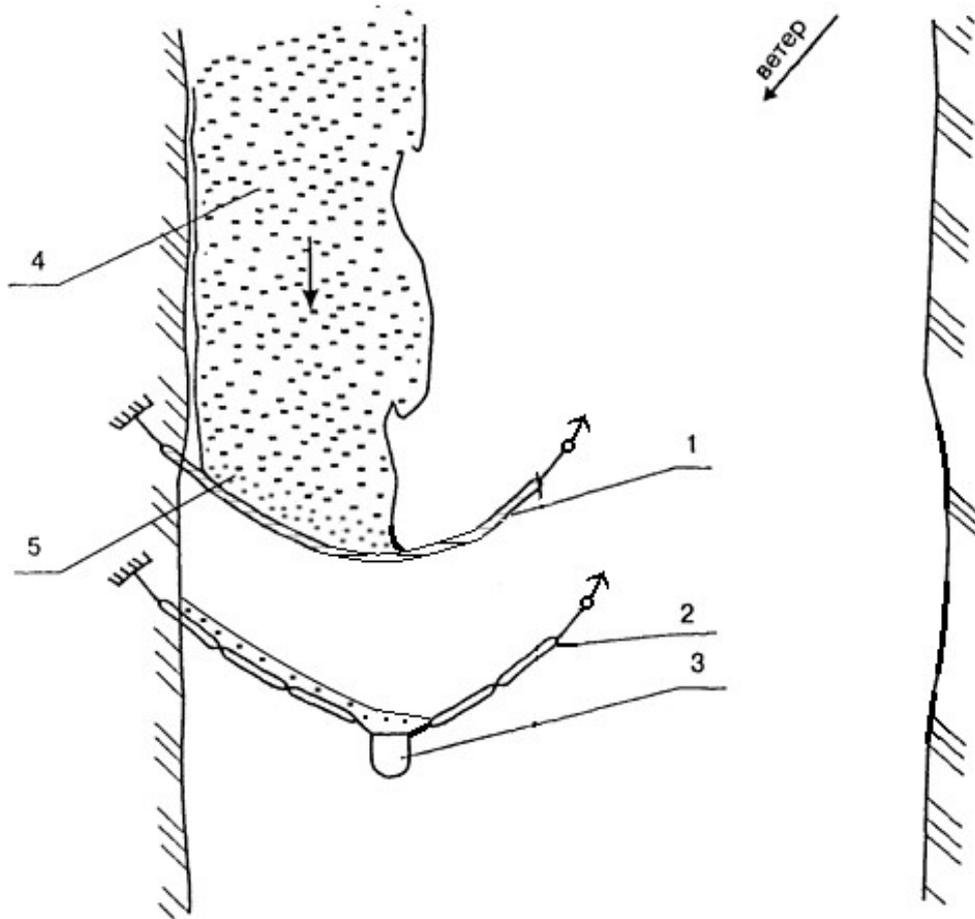


Рисунок 4 – Схема ликвидации разлива дизельного топлива: 1-фильтрующее ограждение; 2-заградительные боны; 3-скиммер; 4-пятно дизельного топлива; 5-фильтрующий сорбент

Так же результаты исследовательской работы внедрены в учебный процесс ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» по направлению «Техносферная безопасность» для студентов специальности 28.03.02 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» при проведении лекций, а так же практических занятий по дисциплине «Охрана окружающей среды».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бессонов, В.Ю. Влияние физических свойств нефтепродуктов на их истечение из отверстий / В.Ю. Бессонов // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 204-206.
- 2 Бессонов, В.Ю. Истечения нефтепродуктов из танкера в результате аварии, при его маневрировании на повороте русла реки / В.Ю. Бессонов, В.А. Седых // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -Новосибирск, 2012. -№1. -С. 194-196.
- 3 Бессонов, В.Ю. Экспериментальные исследования процессов разлива и распространения нефтепродуктов при авариях судов на внутренних водных путях / В.Ю. Бессонов, В.М. Ботвинков // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2012. -№1. -С. 184-187.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разлив нефти, река

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Ботвинков Владимир Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «НГАВТ»
Бессонов Владимир Юрьевич, аспирант ФБОУ ВПО «НГАВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФБОУ ВПО «НГАВТ»

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Зачёсов В.П., Ларионов С.А. СХЕМА ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В РЕСПУБЛИКУ САХА В СВЯЗИ С ЗАВЕРШЕНИЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА АМУРО- ЯКУТСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ.....	3
Гончарова Н.В. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗА С УЧЕТОМ КАЧЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЕВ.....	7
Васильев Р.В. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА.....	10
Смирнов В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА И СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	13
Буковинин П.В. АНТИКРИЗИСНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ.....	18
Синицын М.Г. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ФЛОТА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННЫХ ГЛУБИН.....	22
Синицын М.Г., Зачесов А.В. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БОКОВЫХ И МАЛЫХ РЕК.....	25
Григорьев Е.А. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ТИПОВЫХ СОСТАВОВ НА ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ.....	28
Зиненко А.В. ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ.....	31
Островский А.М., Лисютин А.М. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ.....	35
Маликова Т.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «СМЕЩАЮЩИЙСЯ ГРУЗ-СПЕЦУСТРОЙСТВО».....	39
Климова Е.В. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ НА УЧАСТКАХ ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ.....	42
Кабалина А.В. ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОГРУЗКИ ПО НАЗНАЧЕНИЯМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ В ДВИЖЕНИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ.....	45
Северова М.О. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО ВИДАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	47
Дементьев А.П., Шестаков В.Н. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПАССАЖИРОВ В ДАЛЬНЕМ И ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИЯХ.....	49
Лунина Т.А., Аршба Л.Н. ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СТОИМОСТИ УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ ПРИГОРОДНЫМ ПАССАЖИРСКИМ КОМПАНИЯМ.....	52
Еремеев Д.В. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА НАУКОЕМКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	54
Лунина Т.А., Прудников А.А. ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА МЕТОДОМ ТРУДОЕМКОСТИ.....	57
Бунеев В.М. ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	60
Зачёсов В.П. РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ В ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ХАТАНГА.....	62
Буинцева Ю.М. СИСТЕМА ВОЗНАГРАЖДЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ.....	65
Рагулин И.А. РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ СИБИРИ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД.....	69
Шадрина Л.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОБЪЕКТА ТЕХНОЛОГИЗАЦИИ.....	73
Шадрина Л.Ю. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ЭТАПЫ.....	76
Телегин А.И., Ничипорук А.О., Гончарова Н.В. О РАЗРАБОТКЕ И УТВЕРЖДЕНИИ НОРМ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ПО ВОДНЫМ ПУТЯМ.....	80
Каталымова К.В., Пингасов Д.В. ПРОГНОЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И РАЗВИТИЕ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОСРЕДСТВОМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА.....	82
Попова Ю.В. ПОВЫШЕНИЕ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА МАГИСТРАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	86

СОДЕРЖАНИЕ

Дементьев А.П., Каталымова К.В. К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА	89
Воробьев В.С., Луницына Е.В. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ В ЗОНЕ СОЗДАНИЯ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА	93
Дементьев А.П., Спицына И.Н. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	97
Коркин В.В. МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	100
Спицына И.Н., Константинова В.А. К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОРАСЧЕТОВ ЗА ТЕКУЩИЙ ОТЦЕПОЧНЫЙ РЕМОНТ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	103
ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО	
Дегтярева В.В. ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РУСЕЛ РЕК ПРИ НАЛИЧИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА	106
Ничипорук А.О. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	108
Кузнецов С.М., Демиденко И.С. ПЕРЕХОД ОТ ТОКОВО-ИМПУЛЬСНОЙ ЗАЩИТЫ К МОНИТОРИНГУ ТЯГОВОЙ СЕТИ	111
Манакон А.Л. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ	114
Воробьев В.С., Балахонцев А.В., Брызгалова Р.М., Кузнецов С.М., Репина И.Б. ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОТКАЗЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	119
Савкин В.М. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	123
Седых В.А., Хмелев В.А., Кочнев Е.В. РАЗВИТИЕ БЕСТЯХСКОГО УЗЛА РЕКИ ЛЕНА С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ У ПОСЕЛКА НИЖНИЙ БЕСТЯХ	127
Скотников Д.С., Ивашкин С.В., Герасименко А.С., Позднякова А.Г., Хромов Е.Г., Садовская Л.В., Власов И.Л. ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕФЕКТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	134
Скотников Д.С., Ивашкин С.В., Герасименко А.С., Позднякова А.Г., Хромов Е.Г., Садовская Л.В., Власов И.Л. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРРОЗИОННЫХ РАЗРУШЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	136
Горелов С.В., Данилов Г.А., Шушара П.Г. СПОСОБ СБРОСА ГОЛОЛЁДА С ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	139
Гольшев Н.В., Ботвинков А.В. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТ НА МНОГОРУКАВНЫХ УЧАСТКАХ РЕК	142
Ворошилова М.И., Сорокин Е.М. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ РЕЧНЫХ ПОРТОВ РОССИИ	148
СУДОВОЖДЕНИЕ	
Сичкарев В.И., Зинченко К.И. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ВОЛНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ДВИЖУЩЕГОСЯ СУДНА	151
Ершов В.А., Пеньковский Д.В., Меньшиков В.И. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДНА	154
Рыбкин П.Н. КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ МИ-8МТВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ	157
Рыбкин П.Н. МОДЕРНИЗАЦИИ ТРЕНАЖЁРА ВЕРТОЛЁТА С НЕПОДВИЖНОЙ КАБИНОЙ И СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ТРЕНИРОВОК ПО ВЫПОЛНЕНИЮ АВИАЦИОННЫХ РАБОТ	160
Комаровский Ю.А. ВЛИЯНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ АНТЕННЫ GPS-ПРИЁМНИКА НА ВЕКТОР АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ СУДНА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА	164
Левоев И.Н., Зива И.И., Меньшиков В.И. ДИАЛОГОВАЯ ПРОЦЕДУРА «СУДОВОДИТЕЛЬ-ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА» ПРИ РАЗРЕШЕНИИ ПРОБЛЕМНЫХ ПРОМЫСЛОВО-НАВИГАЦИОННЫХ СИТУАЦИЙ	168
Зива И.И., Хроненко А.С., Пеньковская К.В. НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА» В ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ	171
Вьюгов В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ В УСЛОВИЯХ НЕРОВНОГО МЕЛКОВОДЬЯ	174

СОДЕРЖАНИЕ

Кац В.А., Комаровский Ю.А. ТОПОЛОГИЯ ФИГУРЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБСЕРВАННОГО МЕСТА НА ПЕРИФЕРИИ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СТАНЦИИ	175
Потутаровский А.И. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВЫХ ПОТЕРЬ СУДОВ МИРОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА И МЕРЫ ПО ИХ УМЕНЬШЕНИЮ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ	179
Вьюгов В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ	184
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
Буйносов А.П., Козаков Д.Ю. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОВОЗОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛА	186
Глазюк Д.К. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	188
Пушнин В.П. ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И СТРОЕНИЕ ЧАСТИЦ ДИЗЕЛЬНОЙ САЖИ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ	193
Викулов С.В. ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	196
Щербакова О.В., Барановский А.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ДЛЯ СТЕРЖНЯ	199
Арабьян Л.К., Григорьев Е.А. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ СУДОВ	201
Ришко Ю.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА	203
Глушков С.П., Глушков С.С., Лебедев О.Б. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГРЕССИЙ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПО ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ	206
Шувалов Г.В., Мамонов А.А. УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ	209
Шувалов Г.В., Матвейчук В.Ф., Гапонов Ю.А., Генералов В.М. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗУЮЩИХСЯ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	211
Шувалов Г.В., Ильин А.П., Клековкин И.В., Матвейчук В.Ф., Латышев А.В., Щеглов Д.В. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ	213
Божков А.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАЦИОННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА В СИБИРИ	216
Акжигитов А.Ш., Умаров Б.Д., Бисенова Т.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЯЗКОСТИ БЕСМОЛИСТЫХ НЕФТЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ В НЕЕ АСФАЛЬТЕНО-СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ	218
Андрющенко С.П., Попков В.В., Титов С.В. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРА ПАРО-ГАЗОВОГО ПУЗЫРЬКА В КАПЛЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В НАГРЕТОЙ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ	221
Иванова Т.В., Налабордин Д.Г. ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АВАРИЙНЫХ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	224
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
Иванов М.Н., Клеутин В.И. МЕТОДИКА ПОДАВЛЕНИЯ КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ 0,4 кВ «БЕРЕГ-СУДНО»	228
Иванов М.Н., Клеутин В.И. УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛА НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ ПЛАВКРАНА ПРИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОТ БЕРЕГОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	230
Кручинин М.А., Мироненко И.Г., Рябов М.В., Сальников В.Г. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕНАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ	232
Кручинин М.А., Мироненко И.Г., Рябов М.В. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЕСПРОВОДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕНАПРЯЖЕНИЙ	235
Горелов С.В., Кручинин М.А., Рябов М.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕНАПРЯЖЕНИЙ	236
Горелов В.П., Данилов Г.А., Кручинин М.А., Рябов М.В. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE	239
Тонышев В.Ф., Жунусов А.К. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ РЕЖИМОВ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В ВИДЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ	243

СОДЕРЖАНИЕ

Мятеж А.В., Спиридонов Е.А. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦИФРОВОЙ САМОПИСЕЦ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРОТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТЕ	248
Богданов Е.П. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	251
Манусов В.З., Коваленко Д.И. НЕЧЕТКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	254
Нейман В.Ю., Рогова О.В. БЫТОВОЕ КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ С ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ	257
Рогов Г.В. ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	261
Боровиков Ю.С., Гусев А.С., Сулайманов А.О. ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	264
Кузьмин В.М., Сериков А.В., Герасименко Т.В. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА	268
Левин В.М., Танфильева Д.В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ – КОМПОНЕНТ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	272
Левин В.М. ОЦЕНКА РИСКА ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ.....	275
Шпиганович А.Н., Зацепин Е.П., Ищенко А.Е. ИНЖЕНЕРНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ШЛАКА В ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧНЫХ АГРЕГАТАХ.....	279
Дурнов В.Г. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ПЕРИОДЕ УПРЕЖДЕНИЯ	283
Афонин А.П. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ПЕРИОДЕ УПРЕЖДЕНИЯ	286
Однокопылов Г.И., Брагин А.Д., Однокопылов И.Г., Столяров Д.П. ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В АВАРИЙНОМ ДВУХФАЗНОМ РЕЖИМЕ	290
Дронова Ю.В., Коростелев С.В., Тупикина А.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО УЧАСТКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	293
Краснов И.Ю., Губин Д.А. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРАКТА ШИХТОПОДАЧИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ	297
Гоненко Т.В., Хацевский В.Ф., Толашко Т.А. АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННО-НАПЫЛЕННЫХ СЛОЕВ НА ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ПОДЛОЖКАХ.....	302
Павленко М.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	304
Шеромов Л.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА.....	308
Нейман Л.А., Скотников А.А. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ РАБОТАЮЩЕГО В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ	319
Манусов В.З., Морозов П.В., Крепышев И.С. ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРА СКОТТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....	322
Дёмин Ю.В., Кислицин Е.Ю., Иванов Г.В., Лесных А.С., Лесных В.Г., Позднякова А.Г. РАЗРАБОТКА ИТЕРАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА.....	325
Манусов В.З., Третьякова Е.С. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	329
Ляпин В.Г., Болотов Д.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛАСТИН НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КУЛЬТИВАТОРА	332
Шкитов Д.А. КООРДИНАЦИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ДО 35 кВ С ПОМОЩЬЮ СДВОЕННЫХ ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ.....	338
Нейман Л.А., Скотников А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОРАЗМЕРНОСТЕЙ ВЫСОТЫ СТОПА КОРОТКО-ХОДОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВТЯЖНОГО ТИПА.....	342
ЭКОЛОГИЯ	
Бучельников М.А., Спиренкова О.В., Тушина А.С., Рощина Е.В. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЯДА ВОДОЕМОВ г. НОВОСИБИРСКА	345

СОДЕРЖАНИЕ

Хмелев В.А., Турбинский В.В. ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В БАСЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК – ПРИТОКАХ ОБИ	348
Хмелев В.А., Турбинский В.В. ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО ГУМУСА НА СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ	351
Ткаченко В.Я., Лихачева Н.М. ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБЪЕКТА	356
Ботвинков В.М., Бессонов В.Ю. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЧНЫХ ПОТОКАХ	359
Свичкарева Г.Н., Андрюшина Т.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ	363
Порсев Е.Г., Коноваленко А.И. ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОПЫЛЕОСАЖДЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	366
Ботвинков В.М., Бессонов В.Ю. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗЛИВОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ЛИКВИДАЦИИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НА РЕКАХ	369
Ботвинков В.М., Бессонов В.Ю. ИТОГИ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТЕЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ПРОБОИН ТАНКЕРОВ В ПРАКТИКУ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	372

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в №1 журнала за 2013 год. Материалы (заявку, статью, рецензию) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: konvalov@nsawt.ru. Оригиналы по почте на адрес Академии с пометкой для Коновалова В.В. Прием материалов в очередной номер журнала заканчивается 25 апреля 2013 г.

Заявка на публикацию научной статьи в №1 журнала за 2013 год

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (не более 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, ученое звание, занимаемая должность)		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		

*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, рецензию от компетентного по тематике статьи лица гарантируем.

Дата

Подпись(и)

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD 2003 (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия на публикацию научной статьи.
- 3 Заверенная рецензия (оригинал) и ее электронная копия (от компетентного по тематике статьи лица, с полным указанием ФИО, ученой степени, ученого звания, должности и почтового адреса организации).
- 4 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 5 Ширина таблиц не более 15 см.
- 6 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (MathType 6), шрифт Arial.
- 7 Ссылки на литературу выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник, должны быть ссылки в тексте статьи.

Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича, тел./факс (383)222-49-83, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33 (каб. 411). ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» а также на интернет-странице по адресу: <http://www.nsawt.ru> в разделе «Издательство». Для аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 11.12.2012 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 44,2; тираж 1050 экз. Заказ №
Цена договорная.

ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»
(ФБОУ ВПО «НГАВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФБОУ ВПО «НГАВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390