

Уважаемые читатели!

Транспорт Сибири и Дальнего Востока был, есть и остается решающим фактором развития производительных сил этого региона на всех этапах хозяйственного строительства. Освоение богатейших природных месторождений в азиатской части России невозможно без активного участия транспорта.

В районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях особую роль в транспортных связях играют внутренние водные пути. Здесь они оказываются основным, а порой единственным видом транспорта для перевозки массовых грузов и существенно влияют на развитие производительных сил этих районов и решение социально-экономических задач.

Переход хозяйственного комплекса страны к рыночным отношениям ставит перед транспортной отраслью новые проблемы, которые не терпят отлагательства.

В этих условиях важной задачей является организация широкого информационного обеспечения, обмена научным и производственным опытом, передовыми идеями и прогрессивными технологиями между предприятиями и организациями транспорта.

Научные работники транспортной отрасли Сибири и Дальнего Востока включены в научно-технические программы инициативного и хоздоговорного характера исследования транспортных проблем по вопросам эксплуатации и экономики транспорта, путевому, дорожному и портовому хозяйству, безопасности движения, тепло- и электроэнергетике, экологии, вузовской подготовке кадров для транспорта.

Журнал «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока» с июля 2007 года по рекомендациям экспертных советов по транспорту и энергетике включен в «Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» (индекс 62390 каталога «Издания органов НТИ» агентства Роспечать).

Перед журналом поставлена задача стать трибуной для обсуждения общепрофессиональных проблем и не только в пределах Сибири и Дальнего Востока. Приглашаем к сотрудничеству всех заинтересованных авторов, будем благодарны за конструктивную критику наших работ, за предложения по совершенствованию журнала, введению новых рубрик и тем для обсуждения.

Главный редактор журнала, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»



В.П. Зачёсов

---

## УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

---

Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в №2 журнала за 2008 год. Заявку на рассмотрение материалов просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову Валерию Владимировичу по электронной почте: [mrk-nsawt@ngs.ru](mailto:mrk-nsawt@ngs.ru). Прием материалов в очередной номер журнала заканчивается 15 ноября 2008 г.

### Заявка на публикацию научной статьи в №2 журнала за 2008 год

Название статьи \_\_\_\_\_

Краткая аннотация (150-200 символов)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Организация (полное юридическое название, почтовый адрес)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Автор(ы), (ФИО полностью, ученая степень, ученое звание, должность, контактный телефон)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Адрес электронной почты \_\_\_\_\_

С условиями опубликования 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 на бумажном и электронном носителе формат MS WORD (объем 3-5 страниц формата А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см.)
- 2 Заявка на публикацию научной статьи.
- 3 Рецензия (от компетентного по тематике статьи лица).
- 4 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×20 см.
- 5 Ширина таблиц не более 20 см.
- 6 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (Mathtype), шрифт Arial.
- 7 Ссылки на литературу выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник, должна быть ссылка в тексте статьи.

**Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)**

С условиями опубликования научных и рекламных материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерий Владимировича, тел./факс (383)222-49-83, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

## **ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА «МАЛЫЕ РЕКИ»**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**А.В. Зачёсов**

Изложены системные свойства управляемой системы «Малые реки» с основными связями по отдельным подсистемам.

Перевозу грузов по рекам с ограниченными условиями плавания можно представить как управляемую транспортную систему «Малые реки». Основываясь на общих свойствах управляемой системы применительно к организации перевозок и использования флота на малых реках, оказывается целесообразным выделить их основные системные свойства, с целью установления влияния этих свойств на выбор инструмента решения задач по обоснованию наилучших вариантов функционирования технических средств судоходных компаний, выделенных для работ на малых реках.

Можно рекомендовать рассматривать перевозки и вопрос организации работы флота на малых реках как элемент транспортной системы, как форму организации производительных сил и как объект исследований.

В составе этих общих свойств выделяются частные: целенаправленность, критериальность, управляемость, комплексность, иерархичность, динамичность, оптимизируемость, специфичность и стохастичность (таблица 1).

*Таблица 1 – Системные свойства организации перевозок и использования флота при работе на малых реках*

Группы системных свойств	Отдельные системные свойства	Требования к подходу и инструменту исследований
1 Перевозки и работа флота на малых реках как элемент транспортной системы	1.1 Целенаправленность 1.2 Критериальность 1.3 Управляемость	Выполнение поставленной цели Соблюдение критерия Выполнение ограничений
2 Организация перевозок и работы флота как форма организации производительных сил	2.1 Комплексность 2.2 Иерархичность 2.3 Динамичность	Единство всех элементов Возможность упорядочения Учет времени
3 Перевозки и работа флота как объект исследований	3.1 Оптимизируемость 3.2 Специфичность 3.3 Стохастичность	Альтернативность и возможность количественного выражения критерия Разработка специального типа моделей Анализ решений с учетом вероятности и неопределенности

Таким образом, анализ содержания задач по комплексному обоснованию схемы доставки грузов в пункты малых рек целесообразно рассматривать как управляемую систему «Малые реки» с выделением отдельных подсистем: «Перевозки», «Путь», «Флот» и «Перегрузочные пункты».

Анализ требований к подходу и инструменту исследований по каждой группе системных свойств показывает, что наибольший эффект от работы флота по малым рекам может быть получен при обосновании технологического процесса через посредство экономико-математического моделирования на базе широкого использования в планировании работ судоходных компаний системного анализа.

Изложенные основные системные свойства в равной мере присущи технологическому процессу работы флота на малых реках. Изучение этих свойств, широкое их использование позволяют комплексно, целенаправленно решать проблему оптимизации использования флота и перегрузочных средств на этом участке работы судоходной компании.

Среди основных системных свойств технологического процесса работы флота на малых реках выделяется его комплексность, что требует осуществлять постановку задачи в едином развернутом виде с учетом всех взаимоувязанных факторов, определяющих технологический процесс работы флота. Составляющие технологического процесса перевозок грузов по малым рекам являются основой решения комплексной задачи по обоснованию схемы пере-

возок и работы транспортного флота приведены в таблице 2.

*Таблица 2 – Составляющие технологического процесса*

Элементы технологического процесса	Состав исходной информации по элементам технологического процесса
1 Перевозки	Корреспонденция грузовых потоков, структура перевозимых грузов, требования к перевозке со стороны грузоотправителей
2 Путь	Типовые графики колебаний уровня воды, габариты судового хода на всем пути следования, транспортные возможности отдельных участков, характер изменения глубин
3 Флот	Технико-экономические характеристики, режим работы судов, расчетный рабочий период, провозная способность, удельные затраты по флоту
4 Пункты обработки	Типы причалов, перегрузочная техника, технология перегрузочных работ, потребное количество механизации, затраты по пунктам обработки
5 Схема доставки	Возможные варианты движения флота по освоению заданного количества перевозок и использования транспортного флота и перегрузочных средств

При разработке системы «Малые реки» в принципе возможно математическое описание всей её работы, т.е. создание единой модели управления на базе современных экономико-математических методов решения эксплуатационно-экономических задач (таблица 3).

*Таблица 3 – Структура системы с целевыми установками по отдельным подсистемам*

Система	«Малые реки»			
	«Перевозки»	«Путь»	«Флот»	«Перегрузочные пункты»
Подсистемы				
Целевая установка Основная задача	Определение схемы доставки грузов от поставщика до потребителя («от двери до двери»)	Обоснование целесообразности использования малой реки в качестве транспортного пути	Обоснование схемы движения и типов флота на основании планов перевозок	Обоснование схемы обработки флота в пунктах малой реки
Результат	Решение эксплуатационно-экономических задач			

Однако такой путь решения обладает рядом существенных недостатков. Основные из них следующие:

- сложность системы ограничений не позволяет в ряде случаев добиться необходимой детализации моделирования отдельных звеньев транспортного процесса;
- сложность точного математического описания взаимного влияния различных факторов модели, а также влияния этих факторов на конечную цель управления;
- трудность практического использования комплексной модели, обусловленная большими размерами расчетных матриц и значительными затратами труда и времени на подготовку исходной информации и процесс решения задачи.

Это обстоятельство определяет необходимость перехода от единой комплексной модели управления к частным моделям оптимизации отдельных составляющих системы. При этом неременным условием управления в системе «Малые реки» является согласованность по отдельным подсистемам – «Перевозки», «Путь», «Флот», «Перегрузочные пункты» и подчиненность общему критерию оптимальности, который интегрирует локальные критерии.

Наличие современных методов оптимизации производственных процессов и технических средств управления позволяют учитывать существенные взаимосвязи между количеством перевозок, наличия флота по типам, обработкой грузопотоков в пунктах отправления и назначения, а также параметрами судового хода.

Прежде всего, необходимо определить параметры этой системы и её составляющие, найти взаимные связи между ними, обосновать общий критерий оптимальности, обозначить ограничивающие условия и на этой базе разработать экономико-математическую модель,



которая бы позволила моделировать транспортный процесс и получить управляющие решения при изменении входных параметров системы.

Основные связи системы приведены в таблице 4.

*Таблица 4 – Существенные связи в системе «Малые реки»*

Параметры системы	Обозначения	Индекс параметра	Составляющие системы (подсистемы)			
			«Перевозки» А	«Путь» Б	«Флот» В	«Перегрузочные пункты» Г
1 Участок работы	$L$	$j$		+	+	
2 Количество перевозок	$G$		+	+	+	+
3 Перевозочные средства	$\Phi$	$i$	+	+	+	+
4 Род груза		$r$			+	+
5 Пропускная способность пути	$P$	$\varepsilon$		+	+	
6 Перегрузочные средства	$I$	$\gamma$			+	+
7 Путевые работы	$W$	$\psi$	+	+	+	+

Обозначения: знаком (+) отмечены наиболее существенные связи, которые в последующем должны быть выражены функциональными зависимостями

Каждый из перечисленных параметров системы имеет характеристики. К основным характеристикам относятся следующие: длина участка пути ( $L$ ), габариты судового хода ( $h_e, \varepsilon_{cx}, R$ ), количество перевозок ( $G$ ), наличие флота ( $\Phi$ ), его провозная способность и эксплуатационные расходы на содержание ( $\Pi, \Theta$ ), тарифы на перевозку и производство перегрузочных работ ( $\zeta$ ), объемы дноуглубительных работ ( $W$ ), пропускная способность причалов ( $P$ ), интенсивность обработки флота ( $I$ ), а также общие расходы на производство перегрузочных работ ( $\Theta$ ) – таблица 5.

*Таблица 5 – Характеристики параметров системы*

Параметры системы	Характеристики параметров	Критерий оптимальности
1	$\{L, h_e, B_{cx}, R\}_j$	$z_1$
2	$\sum_r G_r$	$z_2$
3	$\Phi_i, \Pi_{ij}, \Theta_{ij}$	$z_3$
4	$\zeta_{ij}$	$z_4$
5	$\Phi_i, W_j, \{L, h_e, B_{cx}, R\}_j$	$z_5$
6	$P_{ij\gamma}, I_{ij\gamma}, \Theta_{ij\gamma}, \Pi_{i\gamma}$	$z_6$
7	$\Phi_i, \{L, h_e, B_{cx}, R\}_j$	$z_7$
		$z = \sum_n z_n$

Работа каждой подсистемы оценивается локальными критериями оптимальности ( $z_A, z_B, z_V, z_G$ ), которые на завершающем этапе интегрируются в общий критерий оптимальности работы системы (таблица 6)

*Таблица 6 – Составляющие интегрального критерия оптимальности системы*

Составляющие системы	Составляющие критерии по параметрам системы	Частный критерий оптимальности
А	$z_2, z_3, z_7$	$z_A$
Б	$z_1, z_2, z_3, z_5, z_7$	$z_B$
В	$z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7$	$z_V$
Г	$z_2, z_3, z_4, z_6, z_7$	$z_G$

Расчет интегрального критерия оптимальности рекомендуется проводить по следующей зависимости:

$$z = \sum_i^n f(z_i) \sigma_i; \sum_i \sigma_i = 1, 0; \sigma_i \geq 0,$$

где  $f(z_i)$  – функция частного критерия оптимальности;

$\sigma$  – коэффициент влияния частного критерия на интегральный критерий оптимальности;

$n$  – количество частных критериев.

Значения  $\sigma_i$  можно получить расчетным путем, когда определится доля той или иной подсистемы («Перевозки», «Путь», «Флот», «Перегрузочные пункты») в системе «Малые реки» через производственные экономические показатели или путем обработки экспертных оценок.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ОТ ПОСТАВЩИКА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**А.В. Зачёсов, И.С. Дерябина**

Приводится алгоритм доставки грузов «от двери до двери».

Задача обоснования схемы доставки грузов и использования флота в системе «Малые реки» является комплексной, оптимизационной и многовариантной. Комплексность системы выражается с одной стороны, её целостностью, с другой – взаимосвязью всех составляющих элементов. Несогласованное с общей системой судоходной компании решение по развитию её элементов может привести к диспропорции отдельных звеньев технологического процесса.

Судоходная компания осуществляет не только перевозную, но и перегрузочную работу. Анализ использования транспортного флота в бассейнах Сибири показывает, что порядка 50% навигационного времени, флот находится в движении и столько же времени остаётся в портах и пристанях под обработкой. При этом провозная способность флота тесно связана с пропускной способностью причалов по обработке судов и составов, а также с пропускной способностью пути. Поэтому любая задача или группа задач, входящих в систему «Малые реки» должны решаться комплексно с учетом всех упомянутых выше составляющих. Только в этом случае можно добиться относительной адекватности постановки задачи и реальной ситуации, возникающей в процессе работы флота и перегрузочных пунктов (портов и пристаней).

Многовариантность системы в общем виде определяется следующим:

- множеством типоразмеров судов и перегрузочной техники;
- универсальностью большинства типов флота, способностью в одном типе судна перевозить от рейса к рейсу различные по номенклатуре грузы;
- множеством вариантов технической перевозки грузов и выполнения перегрузочных работ в пунктах отправления и назначения;
- различия в условиях плавания в бассейне (глубоководные и мелководные участки), изменения путевых условий в течение навигации;
- множеством нормативов использования флота и перегрузочной техники;
- неодинаковыми эксплуатационными и экономическими показателями работ флота разного типа по участкам его эксплуатации и по времени использования.

Кроме этого многовариантность работы системы обусловлена частными задачами. Например, оптимизация использования несамоходного тоннажа зависит от целого ряда факторов, связанных с особенностями его эксплуатации, которые порождают различные возможные варианты его работы. Основные из них следующие:

- возможность варьирования количества барж в составе и сочетание различных типов тоннажа (вес состава);
- возможность варьирования типов тяги;
- неодинаковая эффективность работы несамоходного тоннажа отдельных типов на од-

них и тех же участках работы;

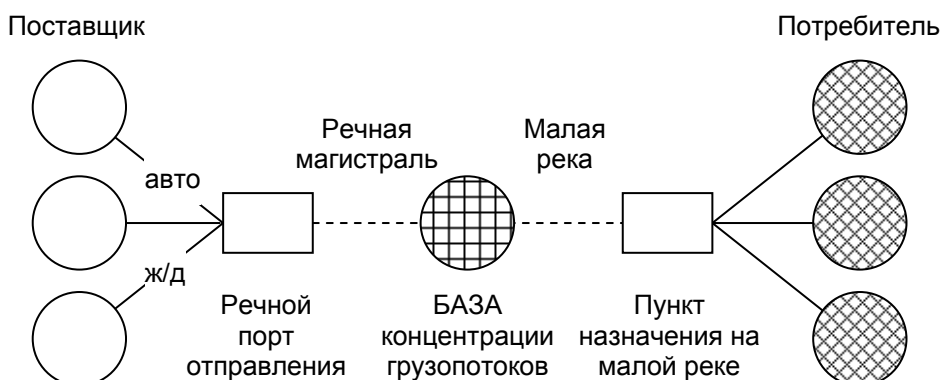
– возможность организации различных вариантов согласования работы тяги и тоннажа (формы закрепления);

– различные формы тягового обслуживания несамоходных судов (сквозная, участковая).

В принципе задачу обоснования оптимальной схемы перевозок грузов по малым рекам можно рассматривать как подсистему общей транспортной системы доставки грузов «от двери до двери» и с учетом перечисленных факторов описать математически. Однако, как показывает опыт решение расчетных матриц с большой размерностью и сложности в подготовке её технологических коэффициентов, целесообразно после анализа содержания задачи осуществлять декомпозицию общей экономико-математической модели путем выделения отдельных блоков системы которые соответствуют её элементам.

Исходя из этого комплекс задач по доставке грузов в труднодоступные в транспортном отношении районы, рекомендуется разделить на этапы.

Основные из них следующие (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Общая схема доставки грузов по варианту «от двери до двери».*

1 Схема доставки грузов от поставщика до речного порта.

2 Схема доставки грузов до пунктов концентрации грузовых потоков или до пунктов малых рек.

3 Схема доставки от пунктов концентрации грузопотоков в пункты малых рек (перевозка по малым рекам).

4 Схема доставки от пунктов малых рек до потребителя.

В частном случае, в зависимости от складывающейся ситуации на рынке транспортных услуг перечисленные этапы могут быть или сокращены (совмещены) или расширены.

Основная цель первого этапа определить грузоотправителей, обосновать оптимальные маршруты движения материальных потоков и распределить перевозки между видами транспорта.

Важной частью первого этапа для речного транспорта является организация работы конечного пункта (речного порта), где возможны операции технологического процесса: хранение и накопление грузов на складах, перевалка с одного вида транспорта на другой, обеспечение комплексного обслуживания флота, накопление информации для расчетов по второму этапу.

Основная цель второго этапа определить оптимальный вариант движения материального потока: маршрутный (без использования базы концентрации грузопотоков), немаршрутный (с перевалкой или отгрузкой части груза в пункте концентрации грузопотоков), обосновать оптимальные типы флота на перевозках грузов, накопление информации для решения задач третьего этапа.

Основная цель третьего этапа, обосновать схему перевозок от пункта концентрации до пункта назначения на малой реке, а также типы флота и потребность во флоте на перевозках грузов по малой реке.

Основная задача четвертого этапа обосновать целесообразные маршруты движения материальных потоков от речного пункта до потребителей, определить типы перевозочных средств и их потребное количество.

Общие издержки на доставку одного рода груза по каждой схеме завоза «от двери до

двери» определяются по выражению.

$$\mathcal{E} = \min_{\delta} (\mathcal{C}_{\delta} + \mathcal{E}_{\delta}^{ж/д} + \mathcal{E}_{\delta}^{ПВ} + \mathcal{E}_{\delta}^{РЧ} + \mathcal{E}_{\delta}^{АВ}),$$

где  $\delta$  – схема завоза;

$\mathcal{C}$  – отпускная цена продукции;

$\mathcal{E}_{ж/д}^{ж/д}, \mathcal{E}_{РЧ}^{РЧ}, \mathcal{E}_{АВ}^{АВ}$  – расходы на доставку груза соответственно по железной дороге, водным путям и автодорогам;

$\mathcal{E}_{ПВ}^{ПВ}$  – расходы на перевалку с учетом хранения грузов на складе.

При этом процесс решения общей задачи сводится к определению для каждого варианта перевозок показателя издержек по отдельным этапам –  $\mathcal{E}_i$ , с последующим суммированием их по всему технологическому процессу.

$$\mathcal{E}_{общ} = \sum_{i=1}^4 \mathcal{E}_i,$$

где  $i$  – порядковый номер этапа технологического процесса.

Если весь технологический процесс доставки грузов «от двери до двери» с участием малых рек объективно разбивается на четыре этапа, можно говорить о пошаговом решении общей задачи. Основные предпосылки для такого предположения имеются.

1 Множество вариантов решения обусловленных различными схемами завоза, типами судов и составов, необходимостью отгрузки или паузы грузов и т.п.

2 Движение материального потока является непрерывным в пространстве и во времени. Все операции технологического процесса осуществляются в строгой последовательности, тесно связаны между собой независимо от этапа решения.

3 Состояние системы зависит не только от принятого решения на данном этапе, но и состояния достигнутого на предыдущем этапе.

4 На каждом этапе решения может быть использован наиболее рациональный вариант достижения наилучшего управления, независимо какой аппарат был применен на предыдущем этапе.

5 Общий критерий оптимальности комплексной задачи определяется как сумма частных критериев, полученных в результате выполнения выделенных этапов движения материальных потоков.

Исходя из предложенного, для решения общей задачи рекомендуется использовать принципы динамического программирования, когда задача представляется в виде ряда последовательных этапов или шагов.

Если предположить, что на  $t$ -ом этапе используются какие-то ресурсы  $i$ -го типа –  $X_{ti}$ , то можно определить общие доходы от выполнения этого вида работ –  $D_{ti}(X_{ti})$ . Оценка деятельности каждого вида ресурсов на каждом этапе может быть выражена не только показателем доходов, а и эксплуатационными расходами, интегральными издержками, пропускной способностью пунктов обработки или пропускной способностью перевозочных средств и т.п.

Исходя из принятых обозначений, задачу можно сформулировать математическим следующим образом.

1 Общий доход от использования ресурсов по всей логистической цепи доставки грузов должен быть максимальным:

$$D_{1i}(X_{1i}) + D_{2i}(X_{2i}) + \dots + D_{ni}(X_{ni}) = \max.$$

2 Общее количество ресурсов потребных для освоения заданного грузопотока на каждом этапе не должно превышать их балансового наличия:

$$\sum_j (x_{ij})_t \leq \Phi_{it}.$$

3 Плановый грузооборот на каждом этапе должен быть выполнен:

$$\sum_i \sum_t (A_{ij})_t \leq A_j; (A_{ij})_t = (x_{ij})_t (\Pi_{ij})_t.$$

4 Расчётное количество каждого ресурса на каждом этапе не должно быть отрицательным:

$$x_{ij} \geq 0,$$

где  $i, j, t$  – признаки типа подвижного состава направления доставки и этапа расчетов;

$D$  – доходы по эксплуатации подвижного состава;  
 $x$  – потребность в транспортных средствах;  
 $P, A$  – провозная способность единицы подвижного состава и плановый грузооборот;  
 $\Phi$  – наличное количество подвижных средств.

Максимальный доход  $\sum_{it} D_{it}(x_{it})$  будет зависеть от количества ресурсов ( $x_i$ ) и числа способов их использования ( $n$ )

$$f_n(x) = \max_{x_i} \left\{ \sum_{it}^n (x_{it}) \right\}.$$

Очевидно, что

$$f_1(x) = \max D_{1i}(x_{1i}); f_2(x) = \max [D_{2i}(x_{2i}) + f_1(x)]; f_3(x) = \max [D_{3i}(x_{3i}) + f_2(x)] \dots$$

Такой путь решения задачи можно рекомендовать для судоходной компании, которая занимает монопольное положение на рынке транспортных услуг – не имеет серьёзных конкурентов и её деятельность не подвержена коммерческому риску.

## **ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.Н. Масленников**

Задача опережающего развития транспортной инфраструктуры является объективной необходимостью и всегда определялась руководителями государства в качестве одного из основных стратегических приоритетов развития страны. Решение этой задачи прямо влияет не только на состояние дел в экономике, но и на обеспечение единства страны. Развитие транспорта служит катализатором экономического роста, оказывая стимулирующее воздействие на предпринимательскую активность и конкуренцию на рынке, приток инвестиций и квалифицированных кадров, развитие инновационных технологий.

Экономика России в значительной мере ориентирована на развитие экономики Сибири и, прежде всего нефтегазовой отрасли. Несмотря на значительные изменения, произошедшие в Сибири в развитии транспортной сети, географическая разбросанность производителей и потребителей продукции, недостаточно развитые услуги пассажирского транспорта речной транспорт остается важнейшим фактором на рынке транспортных услуг. В последние годы объем перевозок речным транспортом опережает прирост перевозок другими видами транспорта. Это обусловлено объективными преимуществами речного транспорта, а также ранее созданным потенциалом материальных ресурсов речного транспорта (флот, порты и водные пути). Без создания благоприятной региональной транспортной среды, имеющей перспективу развития, количественный прирост объема перевозок является временным.

В рыночных условиях интересы производителей и потребителей транспортных услуг разделены: первые желают получать доход от увеличения объемов перевозок, вторые – от снижения различного рода издержек (финансовых, временных, дискомфорта) в процессе преодоления пространства. Цели двух сторон противоположны и соответственно сохраняется несбалансированность транспортной составляющей экономического и социального развития региона.

Основная проблема состоит в условиях особого статуса транспортной инфраструктуры: невозможно определить объективные цены на услуги портов, водных путей, дорог, мостов и других инфраструктурных объектов. Невозможно экономически оценить стоимость пользования участками пространства для движения – водными путями, участками земли, акваториями, воздушным пространством и т.д. Вследствие этого развитие транспортных сетей происходит нерационально как в рамках отдельных видов транспорта, так и в рамках транспортной системы в целом. С одной стороны, ресурсы «размазываются» на строительство и

содержание все возрастающей сети, с другой – значительные ее участки оказываются недо-развитыми с точки зрения нужд потребителей.

Кроме этого развитие транспортной инфраструктуры приносит экономический эффект для разных регионов логистической цепи и имеет долгосрочный характер.

Транспортная система должна развиваться как любая другая отрасль производства – в условиях свободы хозяйственной деятельности. Только так могут быть эффективно обеспечены интересы потребителей, в том числе и государства. И поэтому государство может и должно выступать в роли хозяйствующего субъекта путем реализации механизма государственно- частного партнерства предполагающего согласованное решение двух задач по созданию условий для территориального и хозяйственного развития:

- согласование инфраструктурных приоритетов государства с интересами частного бизнеса, связанными с реализацией крупных промышленных проектов;
- стимулирование притока частных инвестиций в реализацию новых крупных бизнес-проектов.

Государственно-частное партнерство (далее ГЧП) может быть реализовано в следующих видах:

- 1 Контракт на работы и услуги;
- 2 Контракт на управление и эксплуатацию;
- 3 Концессия на управление и эксплуатацию;
- 4 Концессия на строительство, эксплуатацию и передачу концеденту;
- 5 Приватизация.

При этом указанные выше виды ГЧП приведены в таком порядке, что первый предполагает минимальное участие частного бизнеса, а последний – отсутствие государственного участия.

В настоящее время договор аренды государственного имущества как формы государственно-частного партнерства закрепленный законодательством РФ дополнен концессией. Если ранее под концессией понималось использование природных ресурсов, то Федеральный закон от 21.07.2005 г. №115-ФЗ «О концессионных соглашениях» предназначен для привлечения частных инвестиций в строительство и (или) реконструкцию объектов недвижимости, которые находятся или будут находиться в государственной собственности, и партнерство ориентировано на масштабные проекты в сфере развития инфраструктуры, в том числе транспортной.

В соответствии с законом №115-ФЗ одна сторона (концессионер) обязуется за свой счет создать или реконструировать недвижимое имущество (объект концессионного соглашения), при этом право собственности на этот объект принадлежит другой стороне (концеденту), которая обязуется предоставить концессионеру право владения и пользования своей собственностью. (В соответствии с ГК РФ право собственности состоит из трех видов прав – владение, пользование, распоряжение. Продукция и доходы, полученные концессионером в результате осуществления своей деятельности, являются его собственностью. Объектом концессионного соглашения может выступать только недвижимое имущество: автомобильные дороги, объекты железнодорожного и трубопроводного транспорта, морские и речные порты, аэродромы, гидротехнические сооружения, метрополитены, объекты здравоохранения, образования, культуры и т. д. Срок действия концессионного соглашения устанавливается с учетом срока создания и реконструкции объекта концессии.

Основные различия аренды и концессии приведены в таблице 1.

*Таблица 1 – Формы Государственно-частного партнерства (ГЧП)*

Форма ГЧП	Договор об аренде	Концессия
Собственность на активы	государственная	государственная
Эксплуатация и обслуживание	частный сектор	частный сектор
Капитальные вложения	государственный сектор	частный сектор
Коммерческий риск	коллективный	частный сектор
Срок действия	5 лет	25-30 лет
Вид договора	договор об аренде	договор о концессии

В соответствии с зарубежной и международной практикой государственно-частное

партнерство в форме концессий может быть реализовано по следующим схемам:

– схема СЭП «Строительство-Эксплуатация-Передача» (BOT – Build-Operate-Transfer) – в соответствии с контрактом объект строится и эксплуатируется концессионером и в установленный в контракте срок переходит в собственность концедента;

– схема СВЭП «Строительство-Владение (по праву собственности)-Эксплуатация-Передача» (BOOT – Build-Own-Operate-Transfer) – в соответствии с контрактом объект строится и эксплуатируется концессионером и переходит в собственность концедента после окончания контракта (частный случай предыдущей схемы);

– схема СПЭ «Строительство-Передача-Эксплуатация» (BTO – Build-Transfer-Operate) – в соответствии с контрактом объект строится и эксплуатируется концессионером, при этом он принимается концедентом в собственность по завершению строительства;

– схема СВЭ «Строительство-Владение (по праву собственности)-Эксплуатация» (BOO – Build-Own-Operate) – в соответствии с контрактом объект строится и эксплуатируется концессионером, при этом он остается в собственности концессионера, который связан с концедентом обязательством, эксплуатируя объект, оказывать определенный комплекс услуг в соответствии с установленными стандартами;

– схема ПСЭ «Проектирование-Строительство-Эксплуатация» (DBO – Design-Build-Operate) и ее частный вариант для использования в проектах реконструкции, а не строительства, – ЭПС «Эксплуатация-Проектирование-Строительство» (ODB – Operate-Design-Build).

Основное отличие этих перечисленных схем друг от друга заключается в факте и времени перехода объекта концессионного соглашения в собственность концедента. В связи с этим представляется важным определить, какая схема наиболее полно соответствует Федеральному закону «О концессионных соглашениях» и может применяться в России.

В федеральном законе «О концессионных соглашениях» недвусмысленно сказано о том, что объект соглашения находится в собственности концедента в момент заключения договора, если содержанием соглашения является его модернизация и эксплуатация, и становится собственностью концедента после ввода его в эксплуатацию, если содержанием соглашения является новое строительство и эксплуатация. Передача объекта в собственность концессионеру законом не предусмотрена вовсе. В связи с этим сразу отпадает возможность применения схемы «СВЭ» (BOO), так как по этой схеме объект находится в собственности концессионера и вообще не переходит в собственность концедента. Схема «СЭП» (BOT) в принципе может быть применима в соответствии с законом «О концессионных соглашениях», так как она не устанавливает однозначно, когда построенный объект передается в собственность концеденту. Чтобы сделать эту схему соответствующей закону «О концессионных соглашениях» необходимо «привязать» принятие в собственность концедентом законченного строительством объекта к моменту ввода объекта в эксплуатацию. Вариант этой схемы – «СВЭП» (BOOT), который наиболее часто применяется в зарубежной практике, и который предусматривает передачу объекта в собственность концессионеру по завершению проекта, не соответствует требованию закона «О концессионных соглашениях». Схему «СПЭ» (BTO) следует признать в полной мере соответствующей концепции и требованиям федерального закона «О концессионных соглашениях», и она может применяться без какой-либо адаптации. Что касается схемы «ПСЭ» (DBO), то она менее всего «привязана» к вопросам, связанным с собственностью, и также может быть в полной мере применима в рамках закона «О концессионных соглашениях».

Таким образом, полностью соответствующей закону «О концессионных соглашениях» следует признать схему «СПЭ» (BTO) «Строительство-Передача-Эксплуатация» и схему «ПСЭ» (DBO) «Проектирование-Строительство-Эксплуатация».

Схема «СПЭ» (BTO) идеологически и концептуально очень близка «духу» Федерального закона «О концессионных соглашениях», в котором повышенное внимание уделено вопросам, связанным с собственностью. Применение схемы «ПСЭ» (DBO), напротив, никак не увязано с отношениями собственности на объект соглашения. Эта схема носит технический, «инженерный» характер, что, однако, не лишает возможности ее применения в России.

ФЗ «О концессионных соглашениях» содержит норму, которая требует заключения концессионного соглашения только на основе одного из типовых концессионных соглашений (проформ), утвержденных Правительством Российской Федерации.

В настоящее время реализуется проект строительства дороги «Западный скоростной диаметр» (Санкт-Петербург). Финансирование делится на два этапа, а именно финанси-



вание капитального строительства и финансирование эксплуатации (в том числе: обслуживания, ремонта, модернизации, расширения и т.д.).

В предварительной стадии реализации проекта ГЧП создано акционерное общество «Урал промышленный – Урал Полярный», на правительственном уровне обсуждается вопрос о строительстве Северо-Сибирская железнодорожной магистрали (ХМАО, Нижневартовск-Томская область-Енисейск, Лесосибирск-Усть-Илимский район).

В «Типовом концессионном соглашении в отношении автомобильных дорог и инженерных сооружений транспортной инфраструктуры, в том числе мостов, путепроводов, тоннелей, стоянок, автотранспортных средств, пунктов пропуска автотранспортных средств, пунктов взимания платы с владельцев грузовых автотранспортных средств» (утверждено Постановлением Правительства РФ 27 мая 2006 г. №319) финансовый вклад государства (концедента) в объект соглашения делится на две части, а именно:

- 1) финансирование строительства (п. 29 типового соглашения)
- 2) финансирование эксплуатации (п. 51 типового соглашения).

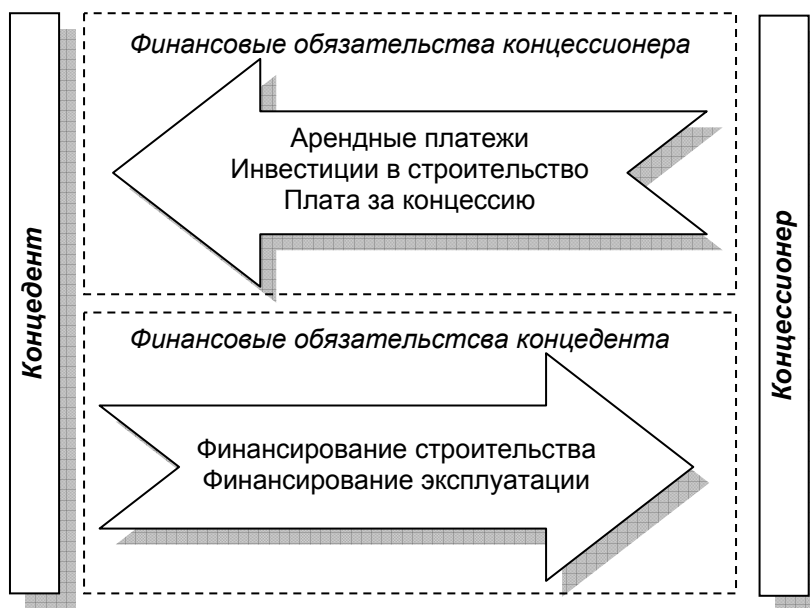
Больше никакой регламентации в части финансирования концедентом в типовом соглашении нет. Что касается концессионера, то, наряду с арендными платежами (п. 39) и платой за концессию (п. 83), он обязан в соответствии с п. 34 типового соглашения осуществить инвестиции в строительство объекта. Следует признать, что вопросы финансирования сторонами концессионного проекта слабо отражены в типовом концессионном соглашении, что, опять-таки придает ему «рамочный» характер и, что ещё более важно, – снижает ценность этого документа как основы для создания эффективных и прозрачных взаимоотношений между концедентом и концессионером в течение нескольких десятилетий выполнения проекта.

Финансовые обязательства сторон типового концессионного соглашения для проекта в сфере развития транспортной инфраструктуры представлены на рисунке.

К настоящему времени сформирована структура собственности (государственной и частной) на транспорте, в основном сформировались потребности регионов в ресурсах и круг поставщиков. Вместе с тем, реальные условия работы транспорта свидетельствуют о том, что периодически возникают ситуации и неудовлетворения спроса на перевозки, монопольного повышения цен, отсутствия финансирования путевых работ на участках рек, имеющих приоритетное значение для развития регионов.

Постановлениями Правительства РФ от 5 декабря 2006 г. создана правовая база для вовлечения в инвестиционный процесс объектов транспорта:

- №747 «Об утверждении типового концессионного соглашения в отношении гидротехнических сооружений»;
- №746 «Об утверждении типового концессионного соглашения в отношении морских и речных судов, судов смешанного (река-море) плавания, судов, осуществляющих ледокольную проводку, гидрографическую, научно-исследовательскую деятельность, паромных переправ, плавучих и сухих доков»;
- №745 «Об утверждении типового концессионного соглашения в отношении морских и речных портов, гидротехнических сооружений портов, объектов производственной и инженерной инфраструктур портов»;
- №744 «Об утверждении типового концессионного соглашения в отношении объектов



*Рисунок – Финансовые обязательства сторон концессионного соглашения (транспортная инфраструктура)*

железнодорожного транспорта»;

– №739 «Об утверждении типового концессионного соглашения в отношении аэродромов, зданий и (или) сооружений, предназначенных для взлета, посадки, руления и стоянки воздушных судов, а также объектов производственной и инженерной инфраструктур аэропортов».

Эти соглашения носят «рамочный характер» и имеют идеологическую основу, аналогичную заложенной в Постановлении Правительства РФ от 25.05.2006 г. №319.

Учитывая необходимость целенаправленного развития транспортной сети целесообразно использовать механизм концессионных соглашений для согласования интересов и организации взаимодействия частного бизнеса, федеральных, региональных и муниципальных органов власти в направлениях обеспечивающих создание необходимых путевых условий, формирование логистических центров, модернизация и строительство природоохранных объектов, решение проблемы мобильности населения и других социально-экономических проблем регионов.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЛАТЫ ПЛАВСОСТАВА ОАО «НОВОСИБИРСКИЙ РЕЧНОЙ ПОРТ»**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**А. С. Овсянников, Т.А. Иозапайтис**

Проведен анализ и выявлены недостатки действующей в настоящее время системы оплаты труда плавсостава, предложена оптимизированная система тарифных коэффициентов и окладов на основе рыночных принципов оплаты с использованием коэффициентов децильности и зависимости Лоренца.

В настоящее время оплата труда плавсостава транспортного флота ОАО «Новосибирский речной порт» организована по повременно-премиальной системе, по которой тарифные коэффициенты и оклады привязаны к определенной группе судов и приведены в таблице 1.

*Таблица 1 – Тарифные коэффициенты и оклады плавсостава транспортного флота*

Наименование должностей	II группа по оплате		III группа по оплате		IV группа по оплате		V группа по оплате	
	БТ		ОМ, Москва, РТ-300		Речной, РТ-600, СП-23, БТМ, Плотовод		ОТА	
	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капитан-механик	2,36	2 500	2,57	2 700	2,95	3 000	3,12	3 300
Капитан-сменный механик	2,24	2 350	2,47	2 600	2,85	3 000	3,01	3 200
Механик-сменный капитан	2,18	2 300	2,36	2 500	2,75	2 900	2,89	3 050
Капитан-1 помощник механика	2,18	2 300	2,36	2 500	2,75	2 900	2,89	3 050
Сменный капитан-сменный механик	2,07	2 200	2,24	2 350	2,62	2 750	2,75	2 900
1 штурман-помощник механика	1,74	1 850	1,94	2 050	2,27	2 400	2,39	2 500

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 штурман-2 помощник механика (введен на должность моториста-рулевого)	1,6	1 700	1,69	1 800	1,85	1 950	1,99	2 100
Электромеханик					1,8	1 900	2,06	2 200
Моторист-рулевой	1,27	1 350	1,36	1 450	1,36	1 450	1,36	1 450
Повар III категории			1,24	1 300	1,24	1 300	1,24	1 300
Матрос-кассир			1,18	1 250				
Матрос	1	1 050	1	1 050	1	1 050	1	1 050

Из таблицы 1 следует, что за последние 15 лет проведения рыночных реформ в нашей стране система оплаты труда плавсостава практически не изменилась, ее методология осталась прежней, как в плановой, командно-административной экономике социалистического периода развития России и речного транспорта, в частности.

Главным недостатком существующей системы оплаты является незначительное отличие друг от друга должностных окладов и тарифных коэффициентов по группам флота. Например, должностные оклады командиров судов II и V групп различаются между собой в размере от 600 до 800 руб., а различие окладов рядового состава еще меньше – оно составляет всего 100 руб. по группам судов соответственно.

Указанный недостаток резко снижает трудовую активность плавсостава, не стимулирует его стремления повышать свою квалификацию и порождает негативное экономическое явление под названием «уровниловка» со всеми его последствиями.

С целью оптимизации системы оплаты труда плавсостава ОАО «Новосибирский речной порт» был предложен новый методический подход на основе рыночных принципов оплаты труда работников с использованием децильных коэффициентов и зависимости Лоренца, который позволил уйти от «уровниловки» и рассчитать новые оклады и тарифные коэффициенты.

Децильный коэффициент ( $k_{дец}$ ) в рыночной экономике характеризует расслоение работников и население страны по уровню доходов и качеству жизни.

Он рассчитывается как отношение суммы доходов 10% самого богатого населения страны к сумме доходов 10% самого бедного населения. Все население государства по уровню доходов подразделяется на 10 социальных слоев, причем I слой — наиболее бедная группа населения с доходами на уровне или даже ниже прожиточного минимума. X слой по уровню доходов относится к наиболее обеспеченным (богатым) гражданам.

В странах международного экономического сообщества с развитой рыночной экономикой коэффициент децильности примерно равен 7 ед., имея некоторый диапазон колебания – от 5 до 10 ед. в зависимости от специфики и особенностей государства, его геополитического и природно-климатического положения среди других стран мира. В России этот коэффициент официально зафиксирован в размере 14 ед., а по оценкам независимых экономических экспертов он составляет более 20 ед., что является нарушением положений Всеобщей Декларации Прав Человека и порождает социальное напряжение и противостояние бедных и богатых слоев населения.

Зависимость Лоренца наглядно иллюстрирует явление расслоения на богатых и бедных в виде графика, приведенные зависимости которого удобно демонстрируют те же коэффициенты децильности (рисунок). На рисунке обозначено:  $D$  - доходы населения, %;  $n$  - численность населения по 10 социальным слоям, %; — — — — — уравнительное распределение доходов по всем социальным слоям; — — — — — отклонение (расслоение) доходов от равномерного распределения среди 10 социальных слоев между собой.

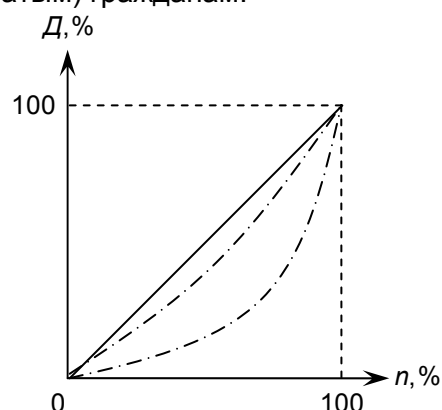


Рисунок — Зависимость Лоренца

В нашем случае, для производственной организации ОАО «Новосибирский речной порт» коэффициент децильности может быть применен и трансформирован в целях исследований в следующем виде [1]:

$$k_{дец} = \frac{З_{ком}}{З_{матр}}, \text{ ед.},$$

где  $З_{ком}$  – должностной оклад капитана-механика судна (самый высокооплачиваемый член судового экипажа), руб.;

$З_{матр}$  – должностной оклад матроса (самый низкооплачиваемый член судового экипажа), руб.

Коэффициент децильности выражает соотношение между самым высоким окладом в группе транспортного флота и самым низким.

В действующей системе оплаты труда для транзитного флота порта коэффициент децильности колеблется в диапазоне от 2 до 3 ед., что значительно меньше рекомендованного значения.

Столь малый коэффициент децильности в окладах плавсостава не стимулирует работников к высокой производительности и качественному выполнению трудовых функций.

Для оптимизации всей системы оплаты труда плавсостава предложено увеличить коэффициент децильности по группам флота от 4 до 7 ед., в частности, для II группы установить его в размере, равном 4 ед., III группы – 5 ед., IV группы – 6 ед., V группы – 7 ед.

На основе этого положения были пересчитаны тарифные коэффициенты и оклады транзитного флота порта.

Новые тарифные коэффициенты рассчитываются как:

$$k'_{тар} = \frac{k_{тар} \cdot k_{дец}}{k_{тар\max}}, \text{ ед.}$$

где  $k_{тар}$  – действующий тарифный коэффициент, ед.;

$k_{дец}$  – децильный коэффициент, установленный для соответствующей группы флота, ед.;

$k_{тар\max}$  – максимальный тарифный коэффициент в соответствующей группе флота, ед.

Новый должностной оклад рассчитывается:

$$D'_O = k'_{тар} \cdot D_O, \text{ руб.},$$

где  $D_O$  – действующий должностной оклад по соответствующей группе флота, руб.

В результате проведенных экспериментальных расчетов была предложена новая система тарифных коэффициентов и окладов транспортных судов ОАО «Новосибирский речной порт» (таблица 2). Из таблицы 2 следует, что должностные оклады плавсостава увеличены по группам флота и ликвидирована «уровнировка», что согласно зависимости Лоренца трудовая мотивация и эффективность труда работников, их производительность при заданных значениях коэффициентов децильности (от 4 до 7 ед.) должна повыситься на 2-3% ( $k_{пост}$ ).

Повышение эффективности труда плавсостава выразится в росте доходов от перевозок за счет увеличения объема перевозимого груза из-за сокращения непроизводительных простоев флота под грузовой обработкой и техническими операциями, системы комплексного обслуживания флота, что приведет к сокращению продолжительности кругового рейса; в уменьшении эксплуатационных расходов по содержанию судов в части экономии топлива и судовой электроэнергии, снижении расходов на ремонт за счет лучшей профилактики и содержания судовых машин и механизмов и т.п. (таблица 2).

Годовой экономический эффект за счет оптимизации системы оплаты труда на базе коэффициентов децильности для условий ОАО «Новосибирский речной порт» определится в размере:

$$\mathcal{E}_{год} = \Delta\Pi - \Delta\mathcal{Z} = \frac{(D - P)k_{пост}}{100} - \Delta\mathcal{Z}, \text{ руб.},$$

где  $\Delta\Pi$  – прирост прибыли от увеличения доходов от перевозок и снижения расходов по транспортному флоту за счет внедрения новой, модернизированной системы оплаты труда, руб.;

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

$\Delta 3$  – увеличение фонда оплаты труда на содержание плавсостава, руб.

$D$  – общая сумма доходов от перевозок, руб.

$P$  – общая сумма расходов по транспортному флоту, руб.

Таблица 2 – Экспериментальные расчеты тарифных коэффициентов и окладов транспортного флота

Наименование должностей	II группа по оплате		III группа по оплате		IV группа по оплате		V группа по оплате	
	БТ		ОМ, Москва, РТ-300		Речной, РТ-600, СП-23, БТМ, Плотовод		ОТА	
	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.	Тарифные коэффициенты для плавсостава	Должностные оклады, руб.
Капитан-механик	4,00	4 400	5,00	5 500	6,00	6 600	7,00	7 700
Капитан-сменный механик	3,79	4 169	4,81	5 291	5,80	6 380	6,75	7 425
Механик-сменный капитан	3,69	4 059	4,59	5 049	5,59	6 149	6,48	7 128
Капитан-1 помощник механика	3,69	4 059	4,59	5 049	5,59	6 149	6,48	7 128
Сменный капитан-сменный механик	3,51	3 861	4,36	4 796	5,33	5 863	6,17	6 787
1 штурман- помощник механика	2,95	3 245	3,77	4 147	4,62	5 082	5,36	5 896
2 штурман-2 помощник механика (введен на должность моториста-рулевого)	2,71	2 981	3,29	3 619	3,76	4 136	4,46	4 906
Электромеханик					3,66	4 026	4,62	5 082
Моторист-рулевой	2,15	2 365	2,65	2 915	2,77	3 047	3,05	3 355
Повар III категории			2,41	2 651	2,52	2 772	2,76	3 058
Матрос-кассир			2,30	2 530				
Матрос	1,00	1 100	1,00	1 100	1,00	1 100	1,00	1 100

Разработанная новая, модернизированная повременно-премиальная система оплаты труда плавсостава на основе рыночных принципов была предложена ОАО «Новосибирский речной порт» и получила одобрение. Ожидаемый годовой экономический эффект составит 1 086 тыс. руб.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Овсянников А.С. Мотивация и оплата труда в рыночной экономике: монография / А.С. Овсянников, А.В. Давыдов, И.М. Маложен. - 2-е изд. -Новосибирск: Наука, 2004. -216 с.

## **К ВОПРОСУ О СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ В ВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**В.Ю. Астахова**

Рассматриваются проблемы организации смешанных перевозок на речном транспорте на примере ОАО «Новосибирчпорт», пути решения этих проблем в организационно-технической области и области повышения эффективности смешанных перевозок.

На современном этапе развития транспортных связей происходит изменение роли каждого вида транспорта в обслуживании грузопотоков России. Роль речного транспорта в смешанных перевозках в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока значительна и определяется естественным расположением речных путей, низкой плотностью железнодорожной и автомобильной инфраструктур на данных территориях. Но, несмотря на очевидные предпосылки к существованию смешанных перевозок отсутствие общей координации и согласованности работы отдельных видов транспорта осложняет процесс становления и развития смешанного железнодорожно-водного сообщения в новых экономических условиях. В связи с этим возникают вопросы повышения эффективности смешанных перевозок и их организации в условиях возрастающих требований к качеству транспортного обслуживания и недостаточности капиталовложений в техническую оснащенность портов и железнодорожных станций.

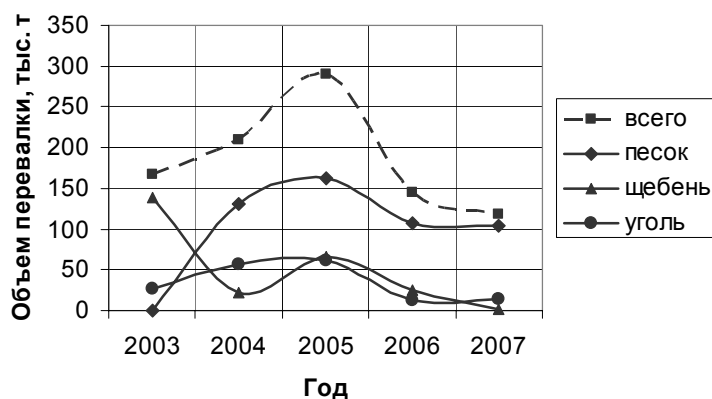
Рассмотрим проблемы организации смешанных перевозок на примере ОАО «Новосибречпорт».

В таблице 1 приведена динамика объемов перевалки грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении (далее СЖВС) в ОАО «Новосибречпорт».

Необходимо подчеркнуть, что перевозка данных грузов осуществляется не в прямом смешанном железнодорожно-водном сообщении по единому транспортному документу, а в смешанном железнодорожно-водном сообщении. Этот факт обуславливается объективными трудностями, возникающими у порта при реализации прямого смешанного сообщения, а именно множеством противоречий, связанных с увязкой подачи вагонов и судов на причал, финансовыми потерями от неэффективного простоя железнодорожного подвижного состава или речного тоннажа в ожидании погрузки или выгрузки.

*Таблица 1 – Динамика объема перевалки грузов в СЖВС в ОАО «Новосибречпорт»*

Год	Объем перевалки, тыс. т	В том числе		
		песок	щебень	уголь
2003	166,6	0,0	139,3	27,3
2004	209,9	130,4	22,1	57,4
2005	290,5	161,7	67,0	61,8
2006	145,2	107,9	24,5	12,8
2007	118,2	103,5	1,1	13,6



*Рисунок 1 – Динамика объемов перевалки грузов в СЖВС в ОАО «Новосибречпорт», тыс. т*

График динамики объемов перевалки грузов в СЖВС в ОАО «Новосибречпорт» (рисунок) показывает тенденцию к их снижению.

Анализ объемов грузов, перевозимых в разных видах сообщений в ОАО «Новосибречпорт» за 2006 год (таблица 2) показывает, что наименьший объем перевозок приходится на долю СЖВС по сравнению со смешанным водно-автомобильным сообщением (СВАС), смешанным железнодорожно-автомобильным (СЖАС) и прямым водным сообщением (ПВС).

Также имеет место тенденция к замещению железнодорожного транспорта автомобильным, хотя это не всегда оправдано, особенно на дальние массовые перевозки грузов. Порою там, где с экономической точки зрения выгодно использовать речной и железнодорожный транспорт используется автомобильный транспорт.

Таким образом, наименьшая доля перевозимых грузов приходится на СЖВС, а наибольшая на ПВС (свыше 50%).

Однако данная тенденция не говорит о дальнейшем прекращении существования смешанных перевозок, так как имеют место факторы, обуславливающие необходимость развития данного сообщения, а именно:

1) невозможность доставки грузов в порт назначения каким – то одним видом транспорта (например, при завозе грузов в районы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, не имеющих прямой связи с общей железнодорожной сетью);

2) экономическая целесообразность перевалки грузов с одного вида транспорта на другой, когда суммарные затраты на перевозку в смешанном сообщении оказываются ниже, чем в прямом железнодорожном или водном;

3) высокая загрузка железнодорожных участков, из-за чего применение прямой железнодорожной перевозки оказывается невозможным (в летнее время).

К основным организационным и техническим проблемам, приводящим к снижению доли СЖВС в перевозках необходимо отнести следующие:

1 Неполнота договорных взаимоотношений.

Взаимодействие ОАО «Западно-Сибирская железная дорога» и ОАО «Новосибирчпорт» при перевозках в СЖВС регулирует документ: «Договор, связанный с подачей и уборкой вагонов на железнодорожный подъездной путь, принадлежащий железной дороге». Данным договором устанавливаются технологическое время на перегрузочные операции, места одновременной погрузки и выгрузки.

Однако ответственность железной дороги за неравномерность подачи вагонов не закреплена ни данным договором, ни другими нормативными актами. В связи с чем, ОАО «Новосибирчпорт» зачастую несет односторонние экономические потери от простоя флота из-за отсутствия вагонов;

2 Отсутствие единого технологического процесса (ЕТП) доставки грузов. Данный документ составлялся и действовал до 90-х годов прошлого столетия. В настоящее время есть необходимость в его применении в целях повышения эффективности смешанных перевозок за счет уменьшения документооборота, трудоемкости грузовых операций, а следовательно затрат, вызванных перегрузочными и складскими работами, потерями и порчей перевозимых грузов;

3 Недостаточное количество флота у порта, в результате чего речной транспорт отказывается от плановых перевозок, и грузы доставляются потребителям либо по железной дороге, либо с задержкой по водному пути.

Пути решения данных проблем лежат в разрешении следующих вопросов: пополнение или лучшее использование флота, корректировка договоров в вопросах взаимной ответственности за подачу тоннажа, применение и создание программ по налаживанию смешанных перевозок на территории всей страны. Сюда входит: правила организации смешанных перевозок, разработка правовой базы, регламентирующей экономическую ответственность участников перевозки, создание нормативной основы доставки грузов. Для решения данных проблем имеют значение и такие факторы, как государственное регулирование рынка транспортных услуг, упорядочение смешанных перевозок по всей стране с учетом возможностей и интересов всех видов транспорта.

Помимо организационно-технических вопросов необходимо принимать меры по повышению эффективности смешанных перевозок, а именно:

1) Рационализация и оптимизация грузопотоков с использованием логистических технологий: анализ рынка поставщиков и выбор наиболее предпочтительных, выбор рациональных маршрутов материальных потоков, обоснование оптимальных видов транспорта и транспортных средств на всем пути следования груза от поставщика до потребителя, разработка единого совмещенного непрерывного плана-графика доставки грузов от поставщиков до потребителей [1];

2) Укрупнение перевалочных грузопотоков и их рациональное распределение между перевалочными пунктами, т.е. специализация пунктов перевалки на однородных грузах позволит снизить не только необходимые капиталовложения на модернизацию портовых комплексов, но и сократить текущие издержки [2];

3) Наладка и повсеместное внедрение прямого смешанного сообщения как наиболее рациональной формы координации и взаимодействия видов транспорта, позволяющей более экономично использовать преимущества каждого из них, прежде всего за счет ускорения доставки грузов и улучшения сохранности [3].

*Таблица 2 – Удельный вес грузов, перевозимых в разных видах сообщений в 2006 г.*

Наименование груза	Общий объем груза, тыс. т	Доля груза в общем объеме, %			
		СЖВС	СВАС	СЖАС	ПВС
Песок	1244,9	8,3	42,1	–	49,6
Щебень	279,4	8,8	27,4	–	63,8
Уголь	31,1	41,2	–	58,8	–



Развитие прямых смешанных перевозок с использованием принципов мультимодальности выгодно и производителю, и потребителю, и перевозчикам, поскольку такая система организации перевозок дает гарантии в стабильных грузопотоках, в своевременной и качественной поставке всей номенклатуры продукции.

Несмотря на то, что в настоящее время смешанным перевозкам уделяется недостаточное внимание, они актуальны для Сибири и Дальнего Востока – территорий, не имеющих обширной железнодорожной и автомобильной инфраструктур, но обладающих широкой и разветвленной сетью речных путей. В связи с этим имеется необходимость развития прямых смешанных перевозок на новом качественном уровне с использованием современных информационных технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зачесов, В.П. Экономическая география воднотранспортных бассейнов Сибири и Дальнего Востока: учеб. пособие / В.П. Зачесов, И.А. Рагулин. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2001. -404 с.

2 Милославская, С.В. Мультимодальные и интермодальные перевозки: учеб. пособие / С.В. Милославская, К.И. Плужников. -М.: РосКонсульт, 2001. -368 с.

3 Носов, В.П. Железнодорожно-водные перевозки в восточных районах СССР / В.П. Носов, В.А. Минеев, П.А. Курносенко. -Якутск, 1991. -362 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ УЧАСТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОВОДА ВСТО**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**В.А. Виниченко**

Показано, что опыт использования речного транспорта, накопленный заказчиком и подрядчиками при освоении западно-сибирской нефти, практически не пригоден для условий Ленского бассейна по ряду объективных причин.

Создание магистрального нефтепровода Восточная Сибирь–Тихий океан (ВСТО) – важнейший нефтетранспортный проект, предусмотренный «Стратегией развития Сибири», утвержденный Правительством РФ. Трасса нефтепровода проходит за водоохранной зоной озера Байкал – в значительной части по левому берегу реки Лены, что предопределяет возможность широкого использования речного транспорта для доставки труб, техники и других грузов, требующихся для строительства (рисунок 1).

В 2007 г. общая заявка на перевозки грузов для этих целей составила более 1,1 млн. т, которые требовалось выгрузить по маршруту трассы нефтепровода в среднем течении реки Лены в основном в местах, не имеющих стационарных подходов и причалов. Освоением этих перевозок занимались такие крупные предприятия, как ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» (ЛОРП), ОАО «Осетровский речной порт» (ОРП), ОАО «Киренский речной порт»,



*Рисунок 1 – Варианты строительства ВСТО в обход Байкала*

ОАО «Киренская РЭБ флота», ООО «Осетровская судоходная компания», ООО «Викинг» и др., а также ФГУП «Ленское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства» (ЛГБУВПиС).

В 2008 г. потребность в перевозках нарастает и превысит 120 тыс. т с постепенным расширением зоны завоза по ходу строительства трубы до Алдана. Масштаб задач, которые надо решить в ближайшие годы строителям нефтепровода и речникам Ленского бассейна, практически сопоставим с тем, что было выполнено при освоении Западно-Сибирских нефтяных месторождений. Добычу нефти в Восточной Сибири намечается довести к 2020 г. до 100-105, а к 2030 г. – до 120-130 млн. т. Впечатляют и перспективы газодобычи. Предстоит освоить Талаканское, Среднеботубинское, Чаяндинское, Таас-Юряхское, Верхневилучанское, Алинское и др. месторождения, что в условиях почти полного отсутствия других магистральных видов транспорта настоятельно требует тесного сотрудничества и согласованного взаимодействия работников нефтегазового комплекса с организациями речного транспорта. При этом необходимо учитывать, что опыт использования речного транспорта, накопленный заказчиком и подрядчиками при освоении западно-сибирской нефти, практически не пригоден для условий Ленского бассейна по ряду объективных причин.

Во-первых, здесь совершенно иные гидрологические и русловые условия. Реки Обь-Иртышского бассейна в основном равнинные с медленным течением, илисто-песчаным грунтом и сравнительно устойчивым графиком уровенно-навигационного режима, что позволяет судам без большого риска подходить для выгрузки грузов к необорудованному берегу почти в любом месте.

В Ленском бассейне характер рек в основном горный с большими скоростями течения, с гравийными и скалистыми грунтами и резкими, плохо предсказуемыми колебаниями уровней воды (из-за дождевого питания), что обязательно требует предварительного обустройства водных подходов и хотя бы простейших причальных сооружений. Здесь многократно возрастает опасность аварий с днищами судов, и капитаны не имеют права подходить к необорудованному берегу.

Между тем, наметив на 2007 год 11 пунктов выгрузки труб и др. грузов, заказчики и подрядчики строительства нефтепровода не заключили своевременно договоры о разработке к ним водных подходов с Ленским ГБУВПиС, вследствие чего имели место значительные простои флота, а некоторые суда даже вынуждены были возвращаться с грузом обратно.

Во-вторых, современная общеэкономическая ситуация разительно отличается от дореформенной и требует других подходов прежде всего к организации грузовой и коммерческой работы. Цена одной трубы теперь более 500 тыс. рублей, т.е. в 500-600 раз выше. Соответственно, значительнее и возможный ущерб от порчи и потери груза и ответственность за них. Поэтому опыт бесконтрольной выгрузки труб на необорудованный берег или даже просто в прибрежную акваторию, последствия которого до сих пор можно увидеть по берегам Оби и ее притоков, естественно не годится.

По ориентировочным оценкам создание водных подходов с навигационной обстановкой, сооружение простейших причальных устройств (в виде кустов деревянных свай) при использовании временных причалов и плавучих кранов с необходимым документированным коммерческим обслуживанием требует до 15-20 млн. рублей экономических издержек в расчете на каждый пункт за навигацию. Это – конечно, значительная сумма. Но если учесть, что только строительство каждого километра магистральной железной дороги обходится в 10 раз дороже и то, что общая стоимость труб, доставляемых одним судном за рейс, составляет около 100 млн. рублей, то объективная необходимость такого обустройства не выглядит чрезмерной.

В средствах массовой информации и Internet в последнее время появляется много материалов о значительном удорожании строительства нефтепровода по сравнению с первоначальным проектом и взаимными претензиями участников. В значительной мере они вызваны отсутствием необходимого сотрудничества и недостаточной обоснованностью принимаемых решений.

Кроме отмеченного выше, обратим внимание на необходимость не произвольного, а одностороннего, обоснованного выбора количества и местоположения пунктов выгрузки, согласованного с организациями речного транспорта, прежде всего с Ленским ГБУВПиС.

Экономическое обоснование количества пунктов выгрузки грузов для строительства нефтепровода определим по минимуму суммарных экономических издержек по всем релевантным операциям, обеспечивающим доставку этих грузов для всего участка, запланиро-

ванного к строительству на предстоящий плановый год (период).

Введем следующие обозначения:

- $\ell$  – общая протяженность годового освоения трассы строительства нефтепровода, км. Условно будем считать, что эта протяженность соответствует общей длине пробега автотранспорта по этой трассе, т.е.  $\ell = \ell^a$ ;
- $\ell^{pm}$  – общая протяженность судоходного водного пути между конечными пунктами трассы нефтепровода, осваиваемый строительством в анализируемом году, км. Обычно  $\ell > \ell^{pm}$  из-за большой извилистости судового хода;
- $k$  – порядковый номер намеченного пункта выгрузки грузов, доставляемых речным транспортом для целей строительства нефтепровода,  $k = \overline{1, n}$ ;
- $G$  – общая навигационная потребность грузов, доставляемых на трассу строительства (масса завоза), т;
- $G_k$  – масса грузов, завозимых речным транспортом в соответствующий пункт выгрузки. Условно для упрощения математической формулировки задачи примем, что  $G_k \approx C_m/n$ , т;
- $\ell_0$  – расстояние перевозки грузов речным транспортом от базисного порта отправления (или перевалки) до ближайшего граничного пункта трассы нефтепровода, намечаемой к строительству в анализируемом году, км.

Поскольку это расстояние является общим для всех завозимых грузов, издержки по транспортной работе речного флота на этом участке не будут зависеть от количества намечаемых пунктов выгрузки грузов по трассе строящегося нефтепровода. Они практически останутся одинаковыми (постоянными) при любом количестве этих пунктов, а, следовательно их можно считать нерелевантными (независящими) для рассматриваемой задачи.

Нерелевантными и независящими от количества пунктов выгрузки надо признать также большую часть переменных издержек по выполнению самой выгрузки грузов из речных судов на берег (таких, как оплата труда докеров-механизаторов с соответствующими начислениями, топливо для перегрузочных машин и др. переменные прямые затраты).

Релевантными и непосредственно зависящими от количества намечаемых пунктов выгрузки необходимо рассматривать в данной задаче только издержки по следующим операциям и объектам:

- 1) перевозки грузов речным транспортом в пределах намеченного участка  $\ell^{pm}$  от его начала (границы) до соответствующих пунктов выгрузки;
- 2) развоз грузов автотранспортной техникой от соответствующих пунктов выгрузки из речных судов по ближайшим примыкающим к ним участкам трассы строительства нефтепровода по движущей составляющей транспортных затрат;
- 3) обустройство водных подходов к соответствующему пункту выгрузки с созданием и содержанием судоходной обстановки, временных причалов, опорных баз коммерческого обслуживания для обеспечения приемо-сдаточных операций по грузам и др. составляющим;
- 4) обустройство и содержание необходимой постоянной базы строителей нефтепровода в каждом намеченном пункте выгрузки грузов из речных судов.

Таким образом, итоговую функцию цели рассматриваемой оптимизационной задачи можно представить в следующем виде:

$$F = \sum_{k=1}^n \sum_{i=3}^4 Z_{ik} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $Z_{ik}$  – экономические издержки по рассматриваемой  $i$ -ой операции в соответствующем  $k$ -ом пункте выгрузки грузов.

Поставленную задачу нахождения оптимального количества пунктов выгрузки можно решить, если представить функцию цели в общем математическом виде в зависимости от ( $n$ ), затем взять первую производную ( $dZ$ ) и, приравняв ее к нулю, выявить аналитическое выражение для определения оптимального количества пунктов ( $n$ ).

Для облегчения математической формулировки введем следующие дополнительные условные допущения:

- а) количество завозимых грузов размещается по участкам трассы равномерно, пропорционально их протяженности;
- б) пункт выгрузки грузов из судов располагается посередине намечаемого к транспорт-

ному обслуживанию участка трассы нефтепровода;

в) развоз грузов автотранспортной техникой производится в обе стороны от намеченного пункта разгрузки речных судов до границ соседнего участка трассы.

Схематическое изображение транспортных грузопотоков, возникающих по видам транспорта при различном количестве пунктов выгрузки, представлено на рисунке 2 (сверху оси – завоз речным транспортом, снизу – развоз автотранспортной техникой).

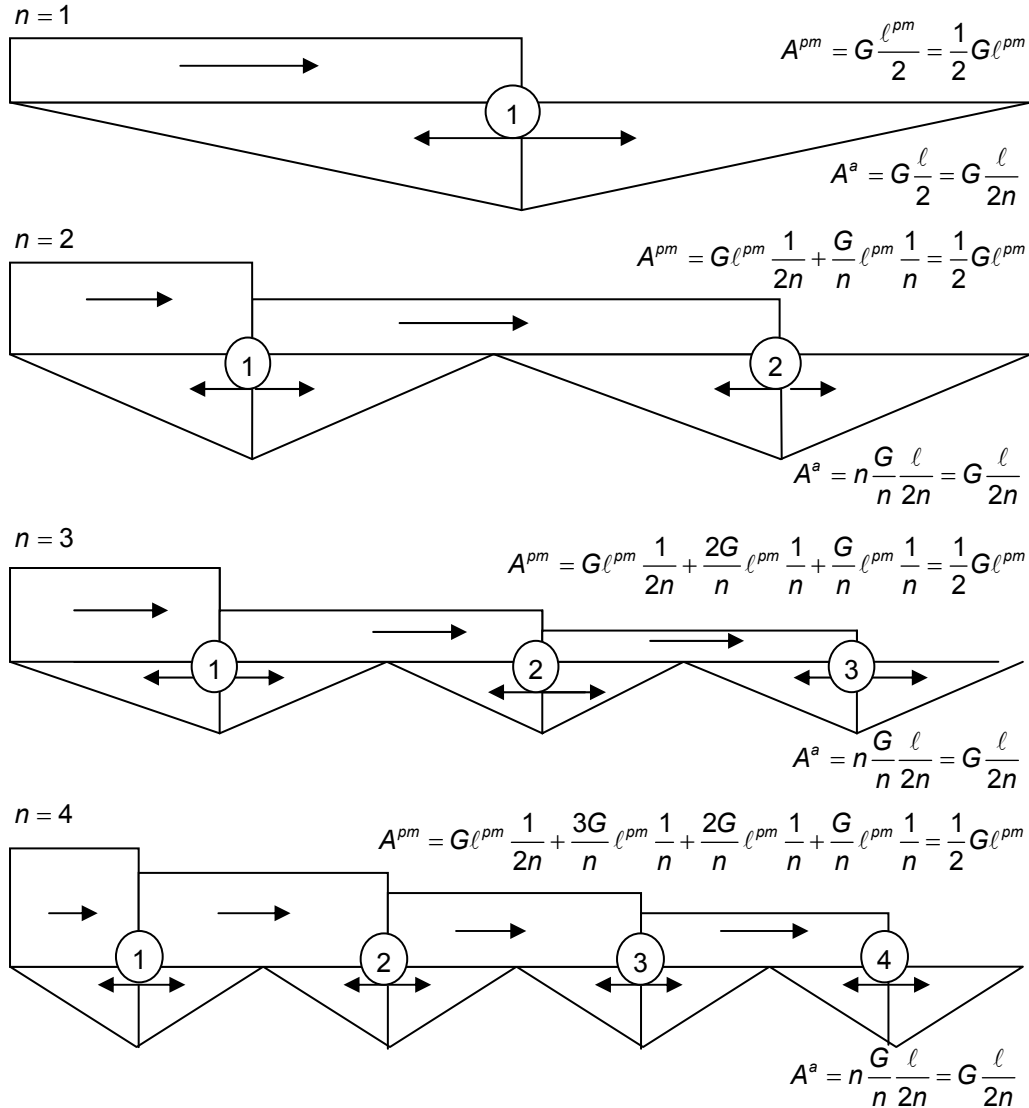


Рисунок 2 – Схема формирования грузопотоков по обслуживанию строительства нефтепровода при разном количестве пунктов выгрузки

На этой схеме буквой А обозначен объем транспортной работы, соответственно по речному и автотракторному видам транспорта, в пределах рассматриваемого участка трассы  $\ell$ .

Примечания к рисунку 2: Общий грузопоток речного транспорта (сверху) от начала участка трассы до пункта 1 везде одинаков и равен  $G$ . После первого пункта он уменьшается соответственно, до  $G(n-1)/n$ ;  $(n-2)/n$ ;  $(n-3)/n$  и  $(n-n)/n$ ; Грузопоток (снизу автотранспортом) в каждом пункте выгрузки одинаков и равен  $G/n$ ; Общая протяженность трассы по горизонтали надо взять во всех случаях одинакова; Пункты выгрузки обозначены цифрами 1...4.

Из представленного рисунка 2 наглядно видно, что грузооборот речного транспорта практически не зависит от количества пунктов разгрузки судов и во всех ситуациях составляет  $G \ell^{pm} / 2$ , поэтому издержки непосредственно по речным перевозкам можно исключить из рассмотрения, признав их также нерелевантными. А итоговая функция цели в зависимости от количества пунктов примет следующий вид:

$$\sum z_n = \frac{G \cdot \ell \cdot c_{am}}{2n} + n(c^{вн} + C^{ерк} + C_{пост}^{стр}), \quad (2)$$

где  $c_{am}$  – удельные издержки по движущей операции при развозе грузов с помощью автотракторной техники, руб./ткм;

$C^{вн}$ ,  $C^{ерк}$ ,  $C_{пост}^{стр}$  – средняя величина экономических издержек по обустройству и содержанию водных подходов и временных причалов, опорных баз коммерческого обслуживания и постоянных устройств базы строителей нефтепровода на один организуемый пункт выгрузки грузов, руб.

Первая производная от этого выражения составит

$$dz = \frac{G \cdot \ell \cdot c_{am}}{2} \frac{1}{n^2} + (C^{вн} + C^{ерк} + C_{пост}^{стр}) = -\frac{G \cdot \ell \cdot c_{am}}{2} \frac{1}{n^2} + (C^{вн} + C^{ерк} + C_{пост}^{стр}) = 0. \quad (3)$$

Отсюда:

$$n = \pm \sqrt{\frac{G \cdot \ell \cdot c_{am}}{2(C^{вн} + C^{ерк} + C_{пост}^{стр})}}. \quad (4)$$

Таким образом, в основу выбора количества пунктов выгрузки целесообразно принять вышеуказанную формулу (4) оптимального количества таких пунктов, выведенную с учетом минимизации затрат по доставке для заказчика-потребителя.

Общие экономические издержки заказчика по транспортировке труб из порта отправления до назначения от количества пунктов выгрузки в пределах рассматриваемого участка практически не зависят и их можно рассматривать как нерелевантные для данной задачи.

Расчеты показывают, что обоснованное количество мест выгрузки труб для условий навигации 2007 г. составляет только 5 пунктов, т.е. почти вдвое меньше намеченного заказчиком и могло бы обеспечить экономию на обустройство этих пунктов в размере до 200-230 млн. рублей. Увеличение количества этих пунктов по сравнению с расчетным можно считать оправданным только при наличии крупных естественных препятствий (проток, крупных оврагах и т.п.).

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАВОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТАРИФОВ НА ВЕЛИЧИНУ ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ ПО ТРАНСИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**И.П. Чернышов**

Приведены результаты анализа влияния уровня ставок железнодорожного тарифа на величину транзитных грузовых потоков по транссибирской магистрали.

В числе основных факторов, влияющих на величину транзитных грузовых потоков по транссибирской магистрали следует выделить уровень железнодорожных тарифов. Оценки такого влияния осуществлены с помощью дисперсионного анализа.

По числу учитываемых факторов различают однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ. Факторы могут иметь как количественные, так и качественные выражения. В дисперсионном анализе под фактором принимается то, что, по мнению исследователя, должно оказывать влияние на результирующую переменную, называемую нередко откликом. Конкретная реализация фактора (например, применяемая ставка таможенной пошлины или определенная мера экономической политики и т.п.) называется уровнем фактора или способом обработки. В дисперсионном анализе изучается влияние факторов, имеющих ограниченное число уровней.

На основе данных РЖД об объеме транзитных грузоперевозок по транссибирской магистрали и расчетов ставок железнодорожного тарифа с помощью компьютерной программы «RAIL–Тариф» сформируем 5 групп по 4 показателя в каждой, соответствующего кварталу определенного года. Поскольку осуществляется исследование влияния одного фактора (ставки тарифа), то дисперсионный анализ будет однофакторным.

Рассматриваемые предложения:

$X$  – исследуемая переменная величина;  
 $A$  – фактор, имеющий конечное число значений (уровней).

Имеется совокупность наблюдаемых значений переменной  $X$ , полученных при разных уровнях значимости фактора  $A$  (то есть имеется несколько групп наблюдений, каждая из которых соответствует определенному значению или уровню фактора  $A$ ).

Требуется установить факт влияния фактора  $A$  на переменную  $X$  и оценить степень этого влияния.

При постановке задачи однофакторного дисперсионного анализа принимаются основные положения и ограничения:

1 Полагается, что каждое наблюдаемое значение переменной  $X$  описывается моделью обозначенной в виде:

$$x_{ij} = a + a_j + e_{ij}; \quad -(i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, k), \quad (1)$$

где  $x_{ij}$  – значение переменной  $X$ , полученное в  $i$ -том наблюдении при  $j$ -том уровне значимости фактора  $A$ ;

$n$  – количество наблюдений в группе, для простоты считается, что в каждой группе одинаковое количество наблюдаемых значений переменной  $X$ ;

$k$  – количество групп (каждая группа наблюдений получена при определенном уровне значимости фактора  $A$ );

$a$  – средний уровень переменной  $X$ , неслучайная величина, общая для всех групп наблюдений;

$a_j$  – отклонение от среднего уровня значений переменной  $X$  в  $j$ -ой группе;

$e_{ij}$  – случайная составляющая, обусловленная влиянием неучтенных факторов, имеющих случайный характер.

2 Предполагается, что все группы наблюдений принадлежат некоторому семейству нормальных распределений, имеющих разные математические ожидания (средние) и одинаковую дисперсию  $\sigma^2$ .

3 Принимаемая нулевая гипотеза  $H_0$ , утверждающая, что фактор  $A$  не влияет на переменную  $X$ :

$$H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_k. \quad (2)$$

Испытуемая гипотеза заключается в том, что если данные каждой группы представляют случайную выборку из нормально распределенной совокупности значений, то величины всех частных дисперсий должны быть пропорциональны своим степеням свободы и каждую из них можно рассматривать как оценку всей совокупности.

Уровень значимости ( $\alpha$ ) при проверке правильности нулевой гипотезы принимается равным 0,05.

4 Для проверки правильности нулевой гипотезы используется  $F$ -отношение, имеющее  $F$ -распределение с  $(k - 1; N - k)$  степенями свободы.

Основой дисперсионного анализа является утверждение о разложимости общей вариации данных ( $SS$ ) на две составляющие, одна из которых есть вариация, это явление обусловлено влиянием фактора  $A$  ( $SS_1$ ), что доказано исходя из преды-

*Таблица – Исходные данные для дисперсионного анализа*

№ п/п	Средняя ставка ж/д тарифа, руб.				
	35665,92	47867,88	49013,07	58219,72	72155,2
1	15,3	29,1	32,9	35,2	9,21
2	19,32	32,05	39,49	33,71	8,5
3	19,01	29,92	39,25	33,56	9,54
4	16,97	26,13	44,06	22,33	9,74

дущих расчетов доверительного интервала нашего дисперсионного анализа. Другая является остаточной вариацией, вызванной влиянием неучтенных факторов, имеющих случайный характер ( $SS_2$ ), то есть полагается, что имеет место равенство, выраженное формулой:

$$SS = SS_1 + SS_2. \quad (3)$$

Проведение дисперсионного анализа состоит из следующих этапов:

1) Формирование базы данных для проведения дисперсионного анализа. Результаты наблюдений за переменной величиной  $X$ , полученные при разных уровнях значимости фак-

тора  $A$ , помещаются в таблицу.

Выдвигается нулевая гипотеза  $H_0$ , утверждающая, что уровень ставок железнодорожного тарифа не оказывает влияние на объем грузопотока.

Общее число наблюдений в совокупности рассчитывается по формуле  $N = nk$  и равно  $N = 20$ .

2) Определение общей вариации данных и ее составляющих:

а) определение среднего для всех наблюдений:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij} = 25,2645; \quad (4)$$

б) определение общей вариации наблюдений:

$$SS = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2 = 2409,786; \quad (5)$$

в) определение вариации обусловленной действием фактора  $A$ :

$$SS_A = \sum_{j=1}^k n(x_j - \bar{x})^2; \quad x_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}. \quad (6)$$

Для каждой группы среднее значение ( $x_j$ ) составляет:

$$x_1 = 17,65; \quad x_2 = 29,3; \quad x_3 = 38,925; \quad x_4 = 31,2; \quad x_5 = 9,2475; \quad SS_A = 2210,598;$$

г) определение остаточной вариации, вызванной случайной изменчивостью данных внутри групп:

$$SS_e = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j)^2 = 199,1878; \quad (7)$$

д) проверка выполнения равенства, в левую и правую части равенства (12) подставляются найденные значения соответствующих вариаций:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^k n(x_j - \bar{x})^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j)^2; \quad (8)$$

$$2409,786 = 2210,598 + 199,1878;$$

е) определение чисел степеней свободы для каждой вариации:

$$df_1 = k - 1 = 5 - 1 = 4; \quad df_2 = N - k = 20 - 5 = 15; \quad df_3 = N - 1 = 20 - 1 = 19.$$

3) Определение несмещенных оценок дисперсии  $\sigma^2$ . Они определяются следующим образом:

– факторная дисперсия:

$$S_A^2 = \frac{SS_A}{k - 1} = \frac{\sum_{j=1}^k n(x_j - \bar{x})^2}{k - 1} = 552,64958; \quad (9)$$

– остаточная дисперсия:

$$S_e^2 = \frac{SS_e}{N - k} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j)^2}{N - k} = 13,279; \quad (10)$$

– полная дисперсия:

$$S^2 = \frac{SS}{N - k} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2}{N - k} = 565,928765, \quad (11)$$

где  $S_A^2$  – средние квадраты между группами значений  $X$ ;

$S_e^2$  – средние квадраты внутри групп.

Оценка дисперсии  $S_e^2$  считается основной. Ее значения не зависят от того, верна или нет нулевая гипотеза (характеризует разброс, обусловленный случайными неучтенными факторами).

Значения другой  $S_A^2$  оценки существенным образом зависят от правильности нулевой гипотезы. При ее нарушении, то есть когда есть влияние фактора  $A$ , данная оценка имеет



тенденцию к возрастанию тем больше, чем больше отклонения от нулевой гипотезы. Эта оценка дисперсии характеризует разброс данных, обусловленный влиянием фактора  $A$ .

4) Проверка справедливости нулевой гипотезы. Поскольку  $S_A^2$  измеряет вариацию результирующей переменной величины, связанной с изменением фактора, а  $S_e^2$  - вариацию, связанную с изменением всех прочих факторов, то сравнение этих величин, рассчитанных на одну степень свободы, дает возможность оценить существенность влияния фактора на исследуемую случайную величину, как соотношения оценок его влияния, по отношению к влиянию всех остальных факторов:

а) По имеющимся статистическим данным определяется значение  $F$ -статистики:

$$F_{набл} = \frac{S_A^2}{S_e^2} = \frac{\sum_{j=1}^k n(x_j - \bar{x})^2}{k-1} \bigg/ \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j)^2}{N-k} = 41,6177; \quad (12)$$

б) по статистической таблице для  $F$ -распределения находится критическое значение  $F$ -статистики при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и степенях свободы  $(k-1; N-k)$ :

$$F_{крит} = 3,06;$$

в) проверка правильности нулевой гипотезы осуществляется путем сравнения  $F_{набл}$  и  $F_{крит}$ . Поскольку  $F_{набл} > F_{крит}$  ( $41,6177 > 3,06$ ) отвергаем нулевую гипотезу и делаем вывод о том что, уровень ставок железнодорожного тарифа оказывает влияние на объем грузоперевозок.

5 Определение силы влияние ставки железнодорожного тарифа на объем грузоперевозок осуществляется с помощью коэффициента детерминации  $R^2$ , который показывает, какая доля дисперсии  $S^2$  объясняется зависимостью результирующего признака (объем грузоперевозок) от влияющего фактора  $A$  (ж/д тарифа):

$$R^2 = \frac{\sum_{j=1}^k n(x_j - \bar{x})^2 / n}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}) / n} = \frac{SS_A}{SS}, \quad (13)$$

или по Снедекору:

$$h_A^2 = \frac{S_A^2 - S_e^2}{S_A^2 + (n-1)S_e^2} = 0,91, \quad (14)$$

где  $S_1^2$  – средние квадраты между группами значений  $X$ ;

$S_2^2$  – средние квадраты внутри групп.

$n$  – число наблюдений в группе.

Величина силы влияния, равная 0,91, показывает, что 91% вариации данных определяет модель.

Таким образом, объем транзитных грузоперевозок по транссибирской магистрали напрямую зависит от ставок железнодорожного тарифа. Основное преимущество данного маршрута по сравнению с доставкой исключительно морем через Суэцкий канал – время доставки – в 2006 году было полностью потеряно в связи с двукратным увеличением стоимости железнодорожной перевозки. По результатам проведенного дисперсионного анализа можно сделать вывод о том, что добиться реализации транзитного потенциала России в нынешних условиях можно лишь посредством снижения доли железнодорожной составляющей в общей ставке сквозного тарифа.

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В РАЙОНАХ НОВОГО ОСВОЕНИЯ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Н.В. Ноздрачёва**

Представлены особенности перевозок грузов в районах освоения Западной Сибири, Красноярского края, на территории Якутии и Дальнего Востока.

Перспективы экономического развития Сибири и ее место в российской экономике определяются ресурсным потенциалом этого региона. Здесь сосредоточены 90% всех топлив-

но-энергетических ресурсов России, 80% запасов древесины и значительная доля минерального сырья.

От темпов вовлечения в хозяйственный оборот природных богатств этих регионов зависит уровень укрепления экономики страны.

Освоение новых районов связано с рядом особенностей:

- наличие огромных запасов сырья, расположенных в основном на труднодоступных, чаще всего не освоенных территориях;
- большая рассредоточенность месторождений;
- низкая плотность населения, особенно в северной части регионов, отсутствие необходимого количества трудовых ресурсов;
- необходимость значительных трудозатрат для освоения новых районов;
- отдаленность от промышленно развитых центров России, которые могут служить базой для освоения новых территорий;
- слабо развитые транспортные связи или полное их отсутствие;
- на начальных этапах освоения новых территорий транспортное обеспечение осуществляется сезонными видами транспорта – речным и автозимниками;
- экстремальные природно-климатические условия, и заболоченные местности, многолетняя мерзлота требует значительных средств на строительство дорог с твердым покрытием;
- неравномерный характер перевозок, изменение направлений грузопотоков в зависимости от перебазирования геологоразведочных партий, строительного-монтажных работ, начала и окончания освоения месторождений.

Месторождения имеют ограниченный срок службы и периодически перемещаются по мере их разработки, поэтому организация строительства дорог зависит от уровня запасов сырья в тех или иных районах, а также от сроков их активной добычи.

С развитием производительных сил отдельных регионов Сибири и Дальнего Востока, грузопотоки все больше смещаются в отдаленные и труднодоступные в транспортном отношении северные районы, к боковым и малым рекам.

На современном этапе представляют интерес для освоения территории Западной и Восточной Сибири, Саха (Якутия) и Дальнего Востока.

В районах Западной Сибири осваиваются газовые и газоконденсатные месторождения полуостровов Ямал и Гыданский. Открыты и осваиваются Харасавэйское, Крузенштернское, Бованенское, Новопрортовское и ряд других. Запасы месторождений оказались столь богатыми, что, несмотря на бездорожье, суровый арктический климат и другие осложнения, их освоение месторождений оказывается эффективным для хозяйственного комплекса страны.

Сложность освоения заключается не только в природно-климатических условиях районов (на севере Западной Сибири в Ямало-Ненецком автономном округе зима длится 7-8 месяцев, температура воздуха зимой достигает отметки  $-56^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура летом  $+10,2^{\circ}\text{C}$ ). Здесь практически нет транспортных связей, особенно в Тюменской и северной части Томской областей. На этой части территории образован Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс.

Автомобильный транспорт находится в стадии становления. Построена опорная магистраль Сургут-Новый Уренгой-Ямбург. Начато строительство автодороги Салехард-Надым с выходом ее на Новый Уренгой. Прокладываемые в зимний период автозимники к населенным пунктам Ямала, междуречья Пура и Таза играют второстепенную роль и служат в основном для завоза продовольствия местному населению, выполняя социально-экономические функции.

В регионе действуют железнодорожные магистрали. Западное направление обеспечивается линией Чум-Лабытнанги, Ивдель-Сергино, Тавда-Усть-Аха, а восточное – линией Тюмень-Сургут-Надым-Новый Уренгой. Участок Новый Уренгой-Ямбург, находится в стадии незавершенного строительства.

В ближайшем будущем планируется строительство железнодорожной ветки Салехард-Надым-Уренгой-Игарка-Норильск, что позволит осуществлять перевозки в широтном направлении.

Началось строительство железнодорожной ветки Лабытнанги-Бованенково-Харасавей на полуострове Ямал в связи с освоением месторождений газа в этих районах. От интенсивности освоения Ямальских запасов зависит увеличение роста объемов газодобычи России.

Сеть сухопутных средств сообщения без активного использования внутренних водных путей не позволяет обеспечить доставку груза непосредственно на месторождения, которые все более смещаются вглубь территории, где нет возможности и целесообразности строительства наземных путей.

Незаменимую роль играет речной транспорт и в освоении месторождений Красноярского края, поскольку Енисей и его притоки остаются единственными путями передвижения грузов и населения по огромной территории. Автомобильный и железнодорожный транспорт работает только в южных районах края.

Развитие региона напрямую связано с деятельностью предприятий внутреннего водного транспорта. Именно по рекам доставляется большое количество необходимых материалов, даже в самые отдаленные районы боковых и малых рек.

Всего на территории Красноярского края в настоящее время разведано тысяча месторождений полезных ископаемых. Большинство месторождений каменного угля, руды, графита, нефти и газа обнаружены геологами в бассейнах рек Курейки, Хантайки, на берегах Подкаменной и Нижней Тунгуски. В районе села Ванавара открыты нефтегазоконденсатные месторождения.

Наземная сеть путей сообщения территории Якутии и Дальнего Востока находится в стадии строительства. Введена в эксплуатацию железнодорожная ветка Беркакит-Томмот с последующим выходом на Якутск и далее на северо-восток.

Имеются здесь и автомобильные магистрали Ленск-Мирный-Айхал, Невер-Томмот-Якутск-Хандыга-Магадан.

В большинстве районов республики Саха (Якутия) боковые и малые реки ближе, чем другие транспортные пути, подходят к разрабатываемым месторождениям, строящимся объектам, предприятиям сельскохозяйственного назначения, геологическим партиям. Поэтому развитие регионов в настоящее время напрямую зависит от деятельности предприятий речного транспорта. Именно по рекам возможна доставка необходимых материалов для создания современных нефтегазовых комплексов и дальнейшее их развитие.

Северные условия создают значительные трудности для работы речного транспорта, особенно на стадии транспортного освоения новых грузопотоков:

- сезонный характер работы речного транспорта на боковых и малых реках (на реках Амга, Подкаменная Тунгуска и др. период завоза составляет меньше месяца);

- причалы в пунктах малых рек имеют слабую материально-техническую базу, суда обрабатываются у необорудованного берега, пропускная способность перегрузочной техники ограничена, нормы обработки судов низкие;

- имеют место случаи выгрузки судов на необорудованный берег вследствие перебазирования геолого-разведочных партий и организаций, выполняющих строительно-монтажные работы для обустройства территорий площадок, где приступают к промышленной добыче нефти и газа;

- односторонняя направленность перевозок;

- значительный удельный вес транспортных работ осуществляется во вновь осваиваемых районах с экстремальными природно-климатическими условиями, слабо развитой производственной базой, социальной инфраструктурой;

- ограниченные габариты судового хода, наличие перекатов и узостей, высокая извилистость русел боковых и малых рек (например, глубина судового хода в верховьях р. Яна, где расположено крупное и единственное в России по своей значимости месторождение олова, не превышает 1 м);

- значительное количество перевозок на боковых и малых реках, которые эксплуатируются только в период половодья;

- отсутствие судоходной обстановки, которая ограничивает работу флота только светлым временем суток;

- многократность перевалки грузов, участие в перевозках различных видов транспорта (малотоннажных крупнотоннажных), организация перевалочных пунктов в устьевых участках малых рек увеличивает сроки и стоимость доставки грузов потребителям.

К примеру, для обеспечения грузоперевозками месторождений в районах рек Колыма, Яна, Индигирка по Ленскому бассейну необходимо сделать как минимум четыре перевалки: железнодорожная станция Лена-речной порт Осетрово-речной порт Якутск-морской порт Тикси;

- по мере истощения месторождений (срок эксплуатации месторождения 10-12 лет) по-

иск перемещается в слабоосвоенные районы, что влияет на структуру грузопотоков и условия работы речного транспорта.

Анализ развития производительных сил в Восточных районах России подтверждает вывод автора о том, что регионам нужны комплексные транспортные программы, основанные на оптимизации транспортной системы с использованием внутренних водных путей для обеспечения сообщения с отдаленными и неосвоенными районами. При разработке таких программ необходимо учитывать особенности освоения новых территорий изложенные в настоящей статье.

Разветвленная сеть речных путей регионов Сибири и Дальнего Востока создает потенциальную возможность обеспечения транспортными связями промышленных районов с самыми отдаленными и труднодоступными в транспортном отношении месторождениями.

## **ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТА**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Я.Н. Поликарпова**

С помощью аналитического и практического метода, предложено определить изменение рентабельности основных средств при изменении величины потерь и убытков.

На сегодняшний день из всего многообразия подходов к повышению эффективности использования экономических ресурсов можно выделить два основных направления:

Первое направление – административно технократическое, которое подходит к повышению эффективности использования ресурсов с позиций НТП.

Методы, отнесенные к такому подходу:

1 Ресурсно-потенциальный метод.

2 Метод оптимального расчета необходимого количества запасов и эффективному их использованию.

3 Метод, основанный на моделировании механизма эффективности использования экономических ресурсов.

4 Использование методов финансовой логистики для управления ресурсопотоками предприятия.

5 Метод, основанный на системном анализе ресурсов.

Второе направление – гумандемократическое направление, которое признавая ценность технологического порядка все – таки на первый план выводит человеческий фактор, который в конечном итоге использует с максимальной эффективностью все виды экономических ресурсов.

Методы, отнесенные к данному подходу:

1 Метод, основанные на специализации отдельных управленческих работ на предприятии (департаментизация).

2 Метод, основанный на развитии человеческих ресурсов

3 Метод, основанный на отношении собственности.

4 Ресурсно-мотивационный метод.

В сегодняшних условиях наибольший интерес получил метод, направленный на формирование рациональной структуры технических средств речного транспорта (системный анализ).

Отметим ряд проблем, возникающих при эксплуатации основных средств предприятий водного транспорта:

1 Физическое и моральное устаревание основных средств.

2 Снижение степени надежности гидросооружений в следствии их изношенности.

3 Недофинансирование затрат на ремонт и модернизацию основных средств.

4 Недозагрузка основных средств предприятий водного транспорта, связанная с уменьшением перевозимых объемов грузов.

5 Недовыполнение плановых показателей в следствии частых сбоев и простоев в работе по гидрологическим и техническим причинам.

6 С каждым годом увеличивается количество аварий техногенного характера, которые наносят непоправимый урон эффективности использования основных средств предприятий транспорта.

В связи с этими особенностями функционирования основных средств необходим метод анализа и повышения эффективности, позволяющий учитывать неопределенности и риски ситуаций.

Рассмотрим, как на эффективность деятельности предприятия влияет сумма убытков, которую предприятие несет в результате аварий, браков и простоев технических средств.

Обобщающим показателем экономической эффективности производства для предприятия или отрасли является уровень рентабельности, который учитывает не только применяемые, но и израсходованные ресурсы и определяет как отношение балансовой прибыли к стоимости всех активов:

$$E_{пр} = \frac{\Pi_б}{\sum \Phi} = \frac{Д - Э - У}{\Phi_{осн} + \Phi_{об} + \Phi_{пр}} 100\%, \quad (1)$$

где  $\Pi_б$  – балансовая прибыль предприятия, руб.;

$\sum \Phi$  – стоимость всех активов (основных, оборотных и производственных фондов предприятия), руб.;

$Д$  – доходы предприятия от реализации производственной продукции или выполненных услуг, руб.;

$Э$  – текущие издержки на производство и реализацию продукции или выполненных услуг, рублей;

$У$  – внереализационные потери и убытки хозяйственной деятельности, рублей

Уровень рентабельности обычно оценивается в процентах, что численно соответствует количеству копеек прибыли на один рубль используемых активов.

Эффективность использования конкретных ресурсов можно оценить следующими способами:

а) как достигнутый результат на единицу рассматриваемого ресурса (например, выработка продукции на единицу затрат труда, характеризующая его производительность),

б) показателями, обратными выработке и фондоотдаче, то есть удельной трудоемкостью, фондоемкостью и т.д.

Увеличение фондоотдачи (как частный случай капиталоотдачи) свидетельствует о повышении эффективности использования соответствующих ресурсов.

Так, применительно к рентабельности основных средств водного транспорта можно записать:

$$E_{m.cр} = \frac{\sum \Pi_{xj}}{\sum \Phi_{xj}} = \frac{\sum (Д_{xj} - Э_{xj} - У_{xj})}{\sum \Phi_{xj}} 100\%, \quad (2)$$

где  $\sum \Pi_{xj}$  – сумма прибыли от  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ, руб.;

$\sum \Phi_{xj}$  – стоимость  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ, руб.;

$Д_{xj}$  – доходы от  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ от реализации производственной продукции или выполненных услуг, руб.;

$Э_{xj}$  – текущие издержки стоимость  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ на производство и реализацию продукции или выполненных услуг, руб.;

$У_{xj}$  – внереализационные потери и убытки хозяйственной деятельности  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ, руб.

Таким образом, приращение потерь и убытков ГТС приведет к изменению величины рентабельности ГТС. При стремлении величины потерь и убытков хозяйственной деятельности  $x$ -го основного средства на  $j$ -том участке работ к минимуму, величина рентабельности данного технического сооружения будет стремиться к максимуму, то есть наблюдается обратная зависимость показателей убытков и рентабельности основных средств.

Для оценки эффективности использования отдельных видов ресурсов с учетом их взаимозависимости используется производственная функция Кобба-Дугласа, т.е. математическое уравнение, связывающее величины затрат ресурсов с результатами [1].

С помощью аналитического и практического метода возможным является определить изменение рентабельности основных средств при изменении величины потерь и убытков на один процент.

Увеличение выработки и фондоотдачи свидетельствует о повышении эффективности использования соответствующего ресурса. Однако для каждого вида ресурса в конкретных условиях производства существует их предельная эффективность, то есть предел соотношения прироста результат и затрат, по достижении которого увеличение ресурсов не приводит к улучшению конечного результат, а иногда даже вызывает его ухудшение.

Можно только сказать, что наращивание затрат в целях уменьшения величины потерь и убытков необходимо производить до определенного предела, пока предельное увеличение затрат меньше предельного уменьшения величины потерь и убытков по каждому виду технического сооружения.

При этом следует стремиться к достижению большей величины эффекта на каждый рубль, вкладываемый в основные средства предприятий водного транспорта:

$$\mathcal{E}_{x_j} = \frac{\Delta\Pi_{x_j}}{Z_{x_j}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $\Delta\Pi_{x_j}$  – эффективность реализуемых мероприятий, направленных на улучшение использования основных средств предприятий водного транспорта;

$Z_{x_j}$  – затраты, направленные на мероприятия по повышению эффективности использования основных средств предприятий водного транспорта.

Для разработки рекомендаций по экономически эффективным мерам рационального использования основных средств предлагается комплексный экономический анализ, который включает в себя разработку следующих шагов (рисунок).

В первом блоке необходимо провести анализ расходов, направляемых на содержание и обеспечение функционирования основных средств предприятия известными методами. При возможности данный анализ проводится по видовой и структурной классификации основных средств, либо по объектам несения затрат, либо по видам оказываемых услуг.

В результате этого шага выясняются наиболее значимые и емкие по расходам группы основных средств.

Во втором блоке проводится анализ возникновения убытков: динамика изменения за последние пять лет, обрисовываются те ситуации неопределенности и риска, возникающие

1 Анализ деятельности предприятия с точки зрения расходов, доходов, отражающих уровень использования основных средств предприятия

2 Анализ возникновения убытков, размера невыполнения показателей, в следствии ситуаций неопределенности и риска

3 Определение причинно следственной связи возникновения убытков с учетом проводимых обследований

4 Прогнозирование размеров убытков вследствие наступления ситуации неопределенности и риска

5 Расчет различных вариантов затрат на предотвращение наступления события, определение новой эффективности с учетом этих затрат

6 Расчет степени снижения убытков

7 Анализ по критериям «затраты – размер уменьшения убытков»

8 Анализ «затраты-выгоды»

*Рисунок – Логическая схема решения задачи повышения эффективности использования основных средств предприятий транспорта*

при эксплуатации основных средств, которые приносят больше всего убытков и на которые необходимо обратить внимание в первую очередь. Рассчитывается размер упущенной выгоды по группам основных средств, при возможности определяются и другие виды убытков.

пользования основных средств предприятий транспорта

В третьем блоке проводится анализ причин возникновения данных событий и группировка событий по блокам причин.

В четвертом блоке прогнозируются различные возможные варианты возникновения ситуаций, связанных с неопределенностью и риском, дается оценка возможного ущерба от этих событий. То есть необходимо провести расчет стоимости возможных потерь, который так же может отражать размер упущенной выгоды и убытков при наступлении ситуации неопределенности и риска, влияние на снижение экономической и технологической эффективности.

В пятом блоке проводится расчет чувствительности вариантов затрат на предотвращение наступления события.

Шестой блок включает в себя расчет степени снижения потерь ресурсов благодаря различным проводимым мероприятиям.

В седьмом блоке проводится анализ по критериям «затраты-стоимость сохраненных ресурсов» – для выбора группы наилучших мероприятий по всему спектру возможных мероприятий или групп мероприятий-сценариев снижения потерь экономических ресурсов.

Восьмой блок включает проведение анализа «затраты-выгоды» – для выбора оптимального варианта сценария и анализа эффективности вкладываемых затрат.

Необходимо отметить, что предлагаемая методика направлена на повышение эффективности использования основных средств предприятий транспорта на основе снижения убытков, которые возникают в результате возникновения ситуаций, связанных с неопределенностью и риском.

Сегодня существуют некоторые методики, предлагающие проведение оценки ущерба (размера убытков) в результате наступления события, связанного с неопределенностью и риском.

Данные методики, в зависимости от размера объекта, предлагают использование следующих методов определения ущерба:

- 1 Метод детальной оценки.
- 2 Планшетный метод.
- 3 Метод укрупненных показателей.

Данные методики основаны на:

– проекте методики выполнения расчета вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварии гидротехнического сооружения объектов, поднадзорных МПР России (Москва, 2002 г.).

– методике определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнических сооружений предприятий топливно-энергетического комплекса (Москва, 2003 г.).

При исследовании этих методик можно увидеть ряд недостатков, касающихся определения размера убытков работы транспортных предприятий:

1 Они не предназначены для определения упущенной выгоды.

2 Ведется очень приблизительный расчет, который использует данные Госкомстата, топокарты и данные развития регионов и областей.

3 Эти методики не предназначены и не адаптированы для определения затрат, которые несут или могут понести предприятия речного транспорта в результате возникновения ситуации неопределенности и риска локального характера, влекущих за собой потери в первую очередь материальных ресурсов водного транспорта – в частности, технических средств.

Риск является обязательным элементом любой экономики. С позиций общего подхода степень риска определяется вероятностью наступления потерь и размером возможного ущерба. На решение задач с учетом фактора риска влияет, прежде всего, неопределенность ситуации. Такая неопределенность вызывается отсутствием полной информации, случайностью или противодействием.

Неопределенность ситуации в значительной степени определяется фактором случайности, под которой понимаются такие события, которые в одинаковых условиях происходят по разному. Вместе с тем при большом количестве наблюдений за случайностями можно



обнаружить определенные закономерности их проявления. Изучение этих закономерностей осуществляется с помощью теории вероятностей.

При решении задачи максимально эффективного использования основных средств предприятий водного транспорта очень важным является спрогнозировать те ситуации, которые приносят наибольший убыток, либо возникают чаще всего.

Для прогнозирования ситуаций неопределенности и риска является целесообразным применение двух методов определения вероятности: объективный и субъективный.

Объективный метод основан на расчете частоты, с которой происходит данное событие. Субъективный метод определения вероятности базируется на использовании субъективных критериев. Они основываются на различных предположениях. К ним относятся: мнение оценивающего, его личный опыт, квалификация, оценки эксперта или консультанта и т.д. Когда вероятность определяется таким способом, то ее значение может быть разным для одного и того же события, поскольку каждый человек делает свой выбор.

Именно совокупность методов может дать наиболее точные прогнозы наступления ситуации неопределенности и риска и определить размер ожидаемых убытков. Применение каждого конкретного метода зависит от нескольких факторов:

Во-первых, чем сложнее изучаемый объект, то есть чем более сложные и разнообразные ситуации наблюдаются на объекте при эксплуатации основных средств, тем более целесообразным является применение субъективного метода.

Во-вторых, наличие экспертов – если квалификация или личный опыт эксперта вызывают сомнение, то целесообразнее будет использовать объективный подход.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Иванов, В.П. Методика вероятностной оценки экономической эффективности предпринимательских проектов строительной индустрии / В.П. Иванов, А.А. Воеводина // Изв. вузов. Сер. Стр.-во. -2006 -№ 11-12.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

ОАО «ПассажирРечТранс», г. Красноярск

**В.С. Никифоров, О.И. Осипов,  
Л.Н. Федоров**

Приводятся постановка и методические основы решения задачи обоснования рационального числа типов (проектов) технических средств в целях сокращения расходов на строительство и стандартизации решений по управлению грузовыми перевозками

Постановка задачи и обзор исследований. На необходимость типизации технических средств внутреннего водного транспорта как составных элементов единого комплекса указывал классик транспортной науки В.В. Звонков еще в конце первой половины XX века: многообразие и несогласованность проектов («пестрота») «приводит к дороговизне в строительстве и к осложнениям в эксплуатации» [4].

Принципы рациональной типизации нашли конкретное воплощение в обосновании типовых параметров грузовых перевозок. По каждому из семи классов водных путей приведены значения загрузки судов, средняя дальность перевозки, скорость с полным грузом, норма грузовых работ, а также обоснована наивыгоднейшая расчетная грузоподъемность судов. Конечно, некоторые данные, приведенные в [4], безнадежно устарели: так, скорость с полным грузом составляет всего лишь 75-100 км/сутки, а нормы грузовых работ – от 300 до 1400 т в сутки, отсюда и крайне низкие значения расчетной валовой производительности: от 16 (VII класс водных путей) до 30 ткм/тоннаже-сутки (I класс).

В целом же подход В.В. Звонкова отличался комплексностью, системностью и на полвека предопределил основное направление перспективных исследований в области эксплуатации флота. В 60-е гг. XX в. были заложены научно-методические основы эксплуатационно-экономических обоснований развития технических средств речного транспорта, возникла

новая концепция сетки типов технических средств на основе типизации проектных решений. В работе [1] доказывалось, что достаточно высокая эффективность эксплуатации технических средств может быть обеспечена при ограниченном наборе их типоразмеров.

Отечественный речной флот вышел на уровень лучших зарубежных образцов, однако именно те годы заложили диспропорцию в структуре грузового флота и разнотипность транспортных средств: свыше 100 проектов судов и их модификаций.

Причина этого не только в том, что практика проектирования не всегда учитывала результаты эксплуатационно-экономических обоснований. Сами обоснования не всегда и не полно учитывали эксплуатационно-экономическую сущность грузовых перевозок, их важнейшие факторы. Лишь в комплексной работе Новосибирского института инженеров водного транспорта (ныне ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта») [5] сделаны важные шаги в этом направлении: обоснованы классификационные признаки и выполнена классификация рек по трем группам классификационных показателей: гидрографическим, путевым и транспортным. При этом каждому классу или группе рек соответствует флот, который можно эксплуатировать в определенный период навигации.

Указанный подход был развит в работах [2, 3, 6-10]

Методика обоснования. В настоящее время условия и факторы, определяющие эффективность перевозок, существенно изменились. Актуальность же задачи типизации резко возросла. Она может стать одним из важнейших направлений развития водного транспорта, только на ее основе возможно преодолеть порочный круг: эффективность перевозок низка, потому что нет современных транспортных средств, а их нет потому, что низка эффективность грузовых перевозок. Структурная схема разработки стратегических решений приведена на рисунке 1.

С учетом ряда исследований задачу обоснования оптимальных параметров  $X$  технической системы можно представить как задачу ситуационного управления: имеется набор ситуаций  $S$ , описывающих внешнюю среду; требуется выбрать такое сочетание параметров  $X$  (принять управление  $(u)$  из конечного множества  $U$ ), при котором функция критерия эффективности  $F(X, S, U)$  достигала бы экстремального значения при выполнении граничных условий  $G(X) = 0$ .

Теоретически число наборов вариантов параметров  $X$  (решений  $U$ ) равно числу ситуаций  $S$  и может быть бесконечно большим: любое изменение хотя бы одного из факторов внешней среды на бесконечно малую величину  $\Delta s$  представляет собой новую ситуацию  $S$  и не может не приводить к изменению хотя бы одного из параметров  $X$  на величину  $\Delta x$ . Однако в реальных условиях обоснований интервалы изменения  $\Delta s$  и  $\Delta x$  устанавливаются заранее в пределах, обеспечивающих приемлемое число вариантов решений [2].

Назначение интервалов никогда не рассматривалось с экономической точки зрения. Однако этим во многом определяется общая эффективность решений, в этом – суть всей технической политики. В таком случае в составе общей стратегической задачи необходимо решать задачу по оптимизации числа проектных решений в следующем порядке:

- определение варьируемых параметров, характеризующих ситуацию;
- составление математической модели;
- выбор численного метода;
- проведение расчетов;
- выводы по типизации проектных решений.

Задача рациональной типизации является типичной задачей оптимального управления (экстремальной): чем больше число типов (проектов) технических средств  $n$ , тем меньше прямые эксплуатационные издержки  $\mathcal{E}_1$ , однако возрастают косвенные эксплуатационные

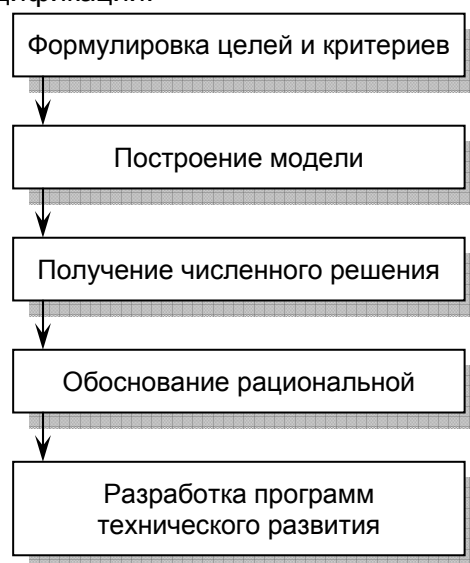


Рисунок 1 – Структурная схема разработки стратегии технического развития

издержки  $\mathcal{E}_2$ ; связанные с многотипностью технических средств.

Таким образом, прямые затраты обратно пропорциональны, а косвенные прямо пропорциональны числу типов (проектов):

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_1^{\max} / n; \tag{1}$$

$$\mathcal{E}_2 = (\mathcal{E}_2^{\max} n) / n_{\max}, \tag{2}$$

где  $\mathcal{E}_1^{\max}$  – максимальные прямые издержки, при  $n = 1$ ;

$\mathcal{E}_2^{\max}$  – максимальные косвенные издержки, при  $n_{\max}$ .

При этом  $1 \leq n < n_{\max}$ .

Уравнение совокупных затрат имеет вид:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_1^{\max}}{n} + \frac{\mathcal{E}_2^{\max} n}{n_{\max}} \rightarrow \min. \tag{3}$$

Схема графического решения представлена на рисунке 2.

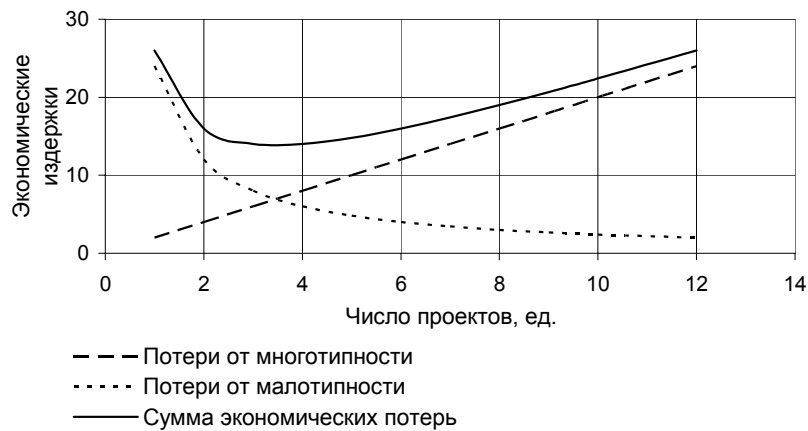


Рисунок 2 – Графоаналитический способ определения оптимального числа типов (проектов) технических средств

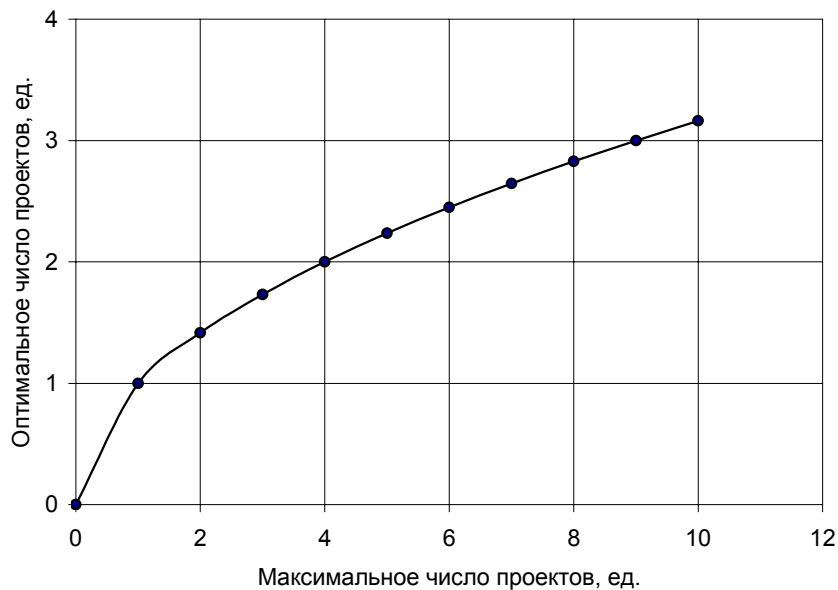


Рисунок 3 – Зависимость оптимального числа проектов технических средств от их возможного числа

Аналитическое решение может быть легко получено путем исследования уравнения (3) на минимум:

$$\left( \frac{\mathcal{E}_1^{\max}}{n} + \frac{\mathcal{E}_2^{\max} n}{n_{\max}} \right)' = -\frac{\mathcal{E}_1^{\max}}{n^2} + \frac{\mathcal{E}_2^{\max}}{n_{\max}} = 0,$$

откуда

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_1^{\max} n_{\max}}{\mathcal{E}_2^{\max}}}. \quad (4)$$

При некотором значении  $n = n_p$  соблюдается равенство  $\mathcal{E}_1^{\max} = \mathcal{E}_2^{\max}$ . В таком случае:

$$n_{opt} = \sqrt{n_p}. \quad (5)$$

Зависимость (5) имеет важное практическое значение: в реальных условиях оптимальное число типоразмеров (проектов) редко превышает 3 (рисунок 3).

**Выводы.** Предварительные результаты исследований вопроса типизации проектных решений показывают, что высокая эффективность перевозок может быть достигнута при наличии минимального набора типовых проектов речных судов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Арсеньев, С.П. Научно-методические основы развития перевозочных средств внутреннего водного транспорта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.П. Арсеньев. -М., 1968. - 38 с.

2 Бунеев, В.М. Формирование рациональной структуры транспортного флота: теория и практика обоснований / В.М. Бунеев; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, НГAVT, 1997. -187 с.

3 Зачесов, В.П. Речной транспорт в программах стратегического развития Сибирского Федерального округа / В.П. Зачесов // Современные тенденции развития транспортной системы Сибири: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. водн. трансп. -Новосибирск, 2007. -С. 3-13.

4 Звонков, В.В. Комплексная типизация технических средств внутреннего водного транспорта / В.В. Звонков. -М.: Минречфлота, 1948. -175 с.

5 Комплексные исследования по экономическому обоснованию основных принципов отнесения водных путей к малым рекам и их классификации, требованиям к транспортным грузовым судам для организации перевозок грузов на них: отчет о НИР №1-7-1 по плану НИР МРФ. -Новосибирск, 1980.

6 Никифоров, В.С. Управление грузовыми перевозками: принципы, стандарты, технологии / В.С. Никифоров; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГAVT, 2004. -205 с.

7 Оптимизация функционирования и развития речных транспортных систем / В.С. Никифоров [и др.]; под ред. В.С. Никифорова. -Новосибирск, 1995. -295 с.

8 Рагулин, И.А. Управление работой речного флота Сибири: проблемы теории и практики / И.А. Рагулин. -Новосибирск: Сиб. издат. фирма «Наука» РАН, 2003. -308 с.

9 Федоров, Л.Н. Научно-практические вопросы типизации грузового флота в условиях Енисейского бассейна / Л.Н. Федоров // Материалы научно-практической конференции / ФГОУ ВПО «НГAVT». -Новосибирск, 2007. -Ч.1. -С. 33-34.

10 Юмин, Н.А. Эксплуатационно-экономические обоснования основных параметров технических средств речного транспорта: учеб. пособие / Н.А. Юмин. -Новосибирск, 1982. - 121 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЕРЕГРУЗКИ РЕЧНЫХ ПОРТОВ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**О.С. Шаталова**

Рассмотрены технические средства перегрузки, применяемые в речных портах, а также проанализированы перспективные к дальнейшему внедрению виды перегрузочного оборудования. Предложены критерии конкурентоспособности, которые необходимо учитывать при выборе технических средств перегрузки.

В речных портах России в составе технических средств перегрузки доминируют универсальные электрические полноповоротные порталные краны на рельсовом ходу. Вместе с тем в настоящее время на рынке портовой перегрузочной техники появились новые машины, претендующие на универсальность.

Степень универсальности характеризует эксплуатационную гибкость перегрузочного оборудования, позволяющую производить перегрузочные операции с достаточно высокой интенсивностью:

а) с грузами различных видов;

б) по различным технологическим вариантам (судно-вагон, судно-склад и склад-вагон, а также в обратном направлении).

Универсальность технических средств перегрузки создает предпосылки для эффективного их использования при изменениях структуры грузооборота, характера прохождения груза через причал, режима работы флота и сухопутного подвижного состава [1].

Задача выбора технических средств перегрузки для речных портов является комплексной. Выбор перегрузочного оборудования необходимо выполнять с учетом следующих основных критериев конкурентоспособности [2]:

1 Универсальность, т.е. способность перегружать различные виды грузов;

2 Технологичность – это скорость и амплитуда рабочих движений грузозахватного устройства, обеспечивающие эффективную обработку судов, вагонов, автомобилей;

3 Мобильность – это способность кранов оперативно перемещаться между грузовыми фронтами (причальным, железнодорожным, автомобильным) и складскими рабочими зонами;

4 Требования к прочности основания и качеству покрытия. Для мобильных кранов эти требования различаются при работе и передвижении;

5 Воздействие на окружающую среду;

6 Стоимость;

7 Эксплуатационные затраты.

Экономическая эффективность и конкурентоспособность деятельности речных портов может быть достигнута при согласовании всех перечисленных выше качеств технических средств перегрузки.

Механизмы и устройства полноповоротных стреловых кранов обеспечивают вращение, подъем груза, изменение вылета стрелы и передвижение крана. Они имеют свои преимущества и недостатки с точки зрения соответствия перечисленным критериям.

Механизмы подъема груза принципиально различаются в зависимости от способа подвеса грузозахватного приспособления (ГЗП) – на гибком (канатном) или жестком (манипуляторном) подвесе. Краны с канатами просты, надежны, универсальны и технологичны (обладают большой амплитудой вертикального перемещения груза). У манипулятора механизм подъема груза совмещен с механизмом изменения вылета, обеспечивает высокие динамику и точность движений за счет устранения раскачивания ГЗП и может быть автоматизирован.

В группе кранов с гибким подвесом ГЗП можно выделить типы отличающиеся в основном мобильностью:

– краны порталные на рельсовом ходу;

– плавучие краны на понтоне;

– краны на пневмоколесном или гусеничном ходу.

В группе кранов-манипуляторов с жестким подвесом грузозахватного приспособления можно выделить типы, различающиеся стреловым неуравновешенным устройством, влияющим на универсальность и технологичность:

– манипуляторы, обеспечивающие горизонтальное и вертикальное перемещение грузозахватного приспособления, без уравнивания собственного веса стрелы, на рельсовом, пневмоколесном или гусеничном ходу;

– балансирные краны-манипуляторы, обеспечивающие горизонтальное и вертикальное перемещение грузозахватного приспособления, с уравниванием собственного веса стрелы и груза на рельсовом, пневмоколесном или гусеничном ходу.

Портальные краны на рельсовом ходу с гибким подвесом грузозахватного приспособления универсальны (рисунок 1); обладают низкой мобильностью, что не способствует эффективному использованию по времени; высокотехнологичны на причальном и тыловом грузовых фронтах, в зонах складирования.

Плавучие краны на понтоне более мобильны, но их использование по времени снижа-

ется за счет малых скоростей передвижения по водным участкам пути. Однако плавучий кран позволяет выполнять производительную перегрузку грузов в мелких пунктах, не имеющих благоустроенных причалов, а, следовательно, перегрузочной техники.

Мобильность портовых кранов приобретает все более важное значение для успешной конкуренции на рынке услуг по переработке грузов в портах. Мобильные краны можно разделить на следующие группы:

- мобильные пневмоколесные краны с гибким подвесом грузозахватного приспособления;
- краны-манипуляторы с двухзвенной (экскаваторной) стрелой;
- краны-манипуляторы балансирующие.

Мобильные пневмоколесные полноповоротные портовые краны с гибким подвесом грузозахватного приспособления обладают высокой технологичностью (рисунок 2), т.е. вылетом стрелы и грузоподъемностью, глубиной опускания и высотой подъема груза, скоростями для эффективной обработки практически любых трюмов сухогрузных судов на портовых терминалах. При этом можно отметить их недостатки:

- Создаются точечные нагрузки на причальные сооружения и портовые покрытия, зачастую превышающие нормативные для существующих сооружений в отечественных портах;
- Мобильные пневмоколесные полноповоротные портовые краны сложнее в эксплуатации и дороже по сравнению с порталными кранами.

Мобильные пневмоколесные полноповоротные краны нашли широкое применение в Дудинском морском торговом порту, где использование порталных кранов на рельсовом ходу сопряжено со значительными навигационными трудностями. Ежегодный весенний ледоход серьезно повреждает подкрановые пути, которые требуется восстанавливать. Поэтому порталные краны заблаговременно убирают с этих подкрановых путей, а затем возвращают на место. Данные операции требуют немалых экономических и трудовых затрат. Применение же мобильных пневмоколесных кранов решает эту проблему.



*Рисунок 2 – Мобильные пневмоколесные полноповоротные портовые краны*

Краны-манипуляторы конструктивно состоят из поворотной части, установленной на шасси. Шасси может быть выполнено в виде платформ различной высоты или в виде портала и снабжено колесным или гусеничным механизмом передвижения.

Как правило, эти краны оснащены управляемой подвижной кабиной, что позволяет крановщику занять оптимальную позицию для визуального наблюдения за перегрузкой и максимально обходиться без сигнальщика.

Манипулятор крана состоит из стрелы и шарниросочлененной с нею рукоятью с гидропривода-



*Рисунок 1 – Портальные краны на рельсовом ходу*

Мобильные краны на самоходном шасси с двухзвенной (экскаваторной) стрелой, или гидравлические манипуляторы, пока еще мало известны и не распространены в наших портах, впрочем, как и во всем в мире. С ростом научно-технического прогресса в мировом машиностроении, в частности в области гидропривода, эти краны в последние два десятилетия прошли эволюцию от экскаватора к крану-манипулятору с точными движениями ГЗП различного назначения. Опыт эксплуатации гидравлических манипуляторов имеется в ОАО «Мурманский морской торговый порт», где такие машины применяются при перегрузке угля (рисунок 3).

Основными производителями новых кранов являются фирмы Mantsinen (Финляндия), Sennebogen и Fuchs (Германия), Liebherr (Австрия).



*Рисунок 3 – Мобильные краны на самоходном шасси*

ми, при этом на окончании рукояти имеется грузозахватное приспособление [2].

Такой тип стрелы, а точнее двухзвенного манипулятора, позволяет:

– производить точное нацеливание грузозахватного устройства на груз или место выгрузки;

– исключить раскачивание груза;

– эксплуатировать кран практически при любых погодных условиях,

– создавать вертикальное и горизонтальное давление на груз, что является важным преимуществом;

– упростить подвод гидравлики и электропитания к грузозахватному приспособлению, что открывает большие возможности для автоматизации перегрузочного процесса.

Но при таком типе стрелы создаются и свои проблемы. В отличие от канатного крана манипулятор позволяет обрабатывать далеко не любые трюмы судов из-за недостаточной амплитуды вертикальных движений ГЗП, что существенно ограничивает его технологичность на обработке флота.

Кроме того, возникают дополнительные проблемы при управлении краном, так как грузоподъемность зависит не только от вылета, но и от высоты подъема ГЗП.

Последнее обстоятельство в целях обеспечения безопасного перемещения груза, контроля веса и грузового момента требует обязательного применения компьютерной системы управления.

Для обеспечения прочности неуравновешенная стрела и рукоять манипулятора существенно более массивны, чем у других кранов с уравновешенным стреловым механизмом и гибким подвесом, что требует дополнительной мощности механизмов и приводит к ограничению технологичности. Частично этих недостатков лишены балансирные краны-манипуляторы.

Мобильные краны-манипуляторы балансирные, появившиеся в результате развития кранов-манипуляторов с двухзвенной стрелой, тоже представляют собой новый тип оборудования. Эти краны не только обладают большей частью их преимуществ, но, благодаря более сложной шарнирносочлененной с подвижным противовесом стреле, существенно выигрывают в технологичности.

Так, по информации фирмы Kranbau Eberswalde, в типовой линейке освоенных к производству кранов-балансиров стоят краны с грузоподъемностью до 25 т при вылете 38 м, скоростью подъема-опускания груза 100 м в минуту, поворота – 2 оборота в минуту. При работе с грейфером такие краны могут быть на 25% более производительными, чем традиционные порталные краны на рельсовом ходу с гибким подвесом груза. Краны сопоставимы с традиционными порталными по стоимости, долговечности и надежности [2].

Анализируя перспективы развития технических средств перегрузки речных портов, можно сделать следующие выводы:

1 Предприятиям речного транспорта следует ориентироваться на передовой опыт внедрения технических средств перегрузки на морском транспорте, где в последние годы резко возросла потребность в перегрузочных работах и новой технике.

2 Успешную конкуренцию на рынке технических средств перегрузки обеспечивает мобильность кранов на пневмоколесном и гусеничном ходу.

3 Портальные краны на рельсовом ходу универсальны и высокотехнологичны на причале, но обладают низкой мобильностью.

Если применение кранов-манипуляторов на причале морского порта ограничено обслуживанием только флота малого тоннажа, то для обработки речных судов и судов смешанного плавания применение такой техники оптимально. При этом на определенных видах грузов они могут работать даже с более высокими производительностью и эффективностью, чем традиционные порталные краны.

Применение кранов-манипуляторов в настоящее время высоко эффективно (особенно в грейферном режиме) при выгрузке вагонов, автотранспорта и на складских площадках порта.

Таким образом, внедрение современных кранов-манипуляторов в речных портах является выгодным и перспективным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Казаков, А.П. Организация и планирование работы речных портов / А.П. Казаков,

И.П. Фадеев.-М.: Транспорт, 1989. -206 с.

2 Научно-технические проблемы проектирования, строительства и эксплуатации объектов водного транспорта: к 12-летию ОАО «Ленморниипроект»: сб. науч. тр. / под ред. И.И. Сулейманова. -СПб.: Судостроение, 2005. -155 с.

## **РЕСУРСНЫЕ РИСКИ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**И.Г. Фютик, Н.Н. Путилова**

Рассмотрены риски, связанные с ростом цен на ресурсы, занижением нормативов и задержкой бюджетного финансирования программы обеспечения судоходства, дефицитом финансовых ресурсов на воспроизводство основных средств.

Эффективность и безопасность функционирования внутреннего водного транспорта зависит от ресурсной базы, в первую очередь бассейновых управлений пути и эксплуатационных предприятий. Необходимость обеспечения безопасной перевозки грузов и пассажиров с каждым годом становится всё острее. Неизбежно возникают ситуации, когда транспортные организации в результате воздействия тех или иных факторов (неблагоприятные путевые и погодные условия, удорожание топливных ресурсов, задержка перечисления средств и др.) не в состоянии обеспечить выполнение своих функций.

Ухудшение материально-технической базы внутреннего водного транспорта, вызывает (помимо других причин) рост ресурсоемкости и соответственно себестоимости перевозок, увеличивается аварийность на транспорте, масштабы загрязнения транспортными средствами окружающей среды. Важнейшее значение приобрела в настоящее время проблема ресурсов для воспроизводства основных средств.

Снижение финансирования транспортных предприятий стало причиной быстрого нарастания удельного веса изношенных основных производственных фондов, невыполнения программ ремонта и планов обновления и модернизации технических средств (таблица 1). Основные средства внутреннего водного транспорта выработали проектный ресурс на 40-60%, а ряд важнейших объектов работает за пределами проектного ресурса. Риск аварий и катастроф при их дальнейшей эксплуатации резко возрастает.

Кроме того, смена форм собственности на транспортных и промышленных предприятиях, пользующихся услугами транспортников, влечёт, как правило, установку приоритетов экономических показателей хозяйственной деятельности перед показателями безопасности и ослабление государственного управления риском аварий. В результате приватизации оказались не востребованными сотни судов и плавсредств, часть которых затоплена в руслах рек в непосредственной близости от фарватера. Судовладельцы самовольно вносят конструктивные изменения в плавсредства, подрывающие безопасность плавания, используют нетиповые составы для перевозки грузов.

Большинство судов, эксплуатируемых на внутренних водных путях России, построено 50 и более лет назад. Ухудшение технического состояния флота, связанное с недостаточным для его поддержания объемом финансирования и отсутствием действенных механизмов привлечения средств, привело в последние годы к снижению уровня безопасности, росту риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

Безопасность (экономическая, экологическая и т.д.) стала в последние годы весьма актуальной и для восточных бассейнов. К факторам безопасности относятся не только обеспечение надежности судов, габаритов водных путей, но и кадровая работа. Около 80% происшествий на водном транспорте случаются по вине людей. Человеческий фактор играет огромную роль, тем более что не везде судоходная обстановка (плавучие и береговые знаки) в хорошем состоянии. В Обском бассейне в 2006 г. около 73 % эксплуатируемых путей имели судоходную обстановку, а освещаемую обстановку – всего 48 % путей. Утвержденная программа гарантированных габаритов судовых ходов на 2003-2010 гг. периодически корректируется в сторону уменьшения. В результате дефицита бюджетных средств планирование работ по улучшению условий судоходства на практике сводится к подгонке под финансирование программы работ и выполнение государственных надзорных функций, что, есте-



ственно, не обеспечивает сохранения инфраструктуры судоходства и должного выполнения планов перевозок грузов.

*Таблица 1 – Степень износа основных производственных фондов организаций транспорта (на начало года), %<sup>1</sup>*

Вид транспорта	1995	2000	2001	2002	2003	2004 <sup>2</sup>	2005	2006
Транспорт – всего, в том числе:	38,5	47,1	45,7	44,3	46,0	40,8	41,1	42,1
– железнодорожный	38,3	50,0	54,1	56,9	59,8	6,7	10,1	12,3
– автомобильный	46,1	54,5	54,0	50,6	48,7	46,9	45,2	42,4
– дорожное хозяйство	21,8	26,1	26,3	24,6	27,3	39,5	46,0	44,3
– трамвайный	40,4	59,1	58,8	57,4	57,9	56,2	54,4	57,1
– троллейбусный	39,0	51,0	48,6	45,9	42,0	43,1	42,0	41,8
– метрополитены	12,8	14,2	14,9	14,7	20,2	15,2	15,5	16,7
– магистральный трубопроводный	38,2	46,3	35,5	36,9	44,0	46,3	44,4	44,4
– морской	48,5	52,6	49,6	48,7	45,3	43,4	45,8	49,1
– внутренний водный	42,4	51,8	56,3	58,1	59,2	57,7	57,2	61,4
– воздушный	58,1	65,0	58,4	53,5	55,9	53,4	50,6	51,9

К основным ресурсным факторам риска в деятельности внутреннего водного транспорта относятся:

- применение заниженных нормативов для бюджетного финансирования программы обеспечения судоходства и уменьшение протяженности путей с гарантированными габаритами судовых ходов;
- несвоевременное перечисление бюджетных средств предприятиям путевого хозяйства;
- дебиторская задолженность по договорам на выполнение услуг;
- изношенность основных средств;
- рост цен на ресурсы (материальные, ГСМ, трудовые)/

Из указанных факторов наиболее вероятными рисками, требующими учета возможных потерь, являются: применение заниженных нормативов и задержка финансирования, изношенность основных средств, а также рост цен на ресурсы

Потери от дебиторской задолженности по договорам учитываются и компенсируются самими предприятиями. Для снижения потерь, связанных с платными услугами, в том числе по транспортировке грузов необходима активизация работы с клиентами и обязательная предоплата работ.

Для путевых предприятий потери, связанные с ростом цен на ресурсы, должны компенсироваться с одной стороны дополнительным бюджетным финансированием, в части обеспечения выполнения Программы содержания инфраструктуры внутренних водных путей, с другой стороны, – увеличением платы за услуги по договорам с клиентами (хозяйствующими субъектами). Отсутствие или задержка компенсации приводит к невозможности в полном объеме выполнить путевые работы, и негативным исходом этого может стать непринятие судоходными компаниями грузов к перевозке, а также невыполнение ими обязательств по ранее заключенным договорам с грузовладельцами, со всеми вытекающими последствиями, связанными с потерей доходов и прибыли. При несвоевременном перечислении бюджетных средств, предназначенных для уплаты бассейновыми управлениями налогов, в частности налога на имущество, возникает также дополнительный ущерб в виде штрафов и пени.

Таким образом, финансовые ресурсы в деятельности путевых организаций имеют важнейшее отраслевое и общехозяйственное значение. В конечном итоге, риск финансового дефицита негативно отражается на экономике страны в целом, потери доходов и прибыли хозяйствующими субъектами ведут к уменьшению налоговых поступлений в бюджеты всех

<sup>1</sup> По крупным и средним коммерческим организациям. Источник: Российский статистический ежегодник, 2006. М.: Роскомстат РФ, 2006.

<sup>2</sup> Уменьшение степени износа основных фондов в 2004 г. связано с массовой передачей МПС предприятию ОАО «РЖД» основных фондов, износ на которые начинает начисляться в соответствии с порядком бухгалтерского учета, исходя из рыночной стоимости на момент передачи, без учета ранее начисленного износа.

уровней.

Величину потерь в результате отказа грузовладельцу в перевозке из-за необустроенности судового хода, отсутствия гарантированных глубин предлагается оценивать по формуле:

$$\Delta\Pi_1 = \sum_i G_{Hi} d_i, \quad (1)$$

где  $\Delta\Pi_1$  – потери дохода, связанные с непринятием груза к перевозке, руб.;

$i$  – индекс рода груза, не принятого к перевозке из-за невозможности (опасности) судоходства;

$G_{Hi}$  – объем  $i$ -го груза, не принятого к перевозке, т;

$d_i$  – тарифная ставка по  $i$ -му грузу, руб./т.

Потери судоходных компаний вследствие уменьшения эксплуатационного периода (более позднего открытия или досрочного закрытия навигации) также проявляются в недополучении доходов и, возможно, в штрафных санкциях, связанных с невыполнением ранее принятых на себя договорных обязательств по доставке груза:

$$\Delta\Pi_2 = \sum_j G_j d_j + \sum_j p_j, \quad (2)$$

где  $\Delta\Pi_2$  – потери дохода в результате невыполнения договорных обязательств по грузу, принятому к перевозке, руб.;

$j$  – индекс груза, принятого к перевозке, по которому не выполнены договорные обязательства из-за путевых условий;

$G_j$  – объем  $j$ -го груза, т;

$d_j$  – тарифная ставка по  $j$ -му грузу, руб./т;

$p_j$  – штраф, пени по договору на перевозку  $j$ -го груза, руб.

Потери грузовладельцев от отказа судоходной компании принять груз к перевозке водным транспортом может быть рассчитан как дополнительные затраты клиента, связанные с необходимостью воспользоваться другим, менее эффективным, видом транспорта или хранить груз до следующей навигации. При этом у владельцев груза дополнительно возникают, так называемые, неявные издержки, обусловленные задержкой доставки или необходимостью межнавигационного хранения груза:

$$\Delta\Pi_3 = \sum_i G_{Hi} \Delta d_i + \sum_i G_{Hi} u_i \frac{(\Delta t_{di} + t_{xpi})}{365}; \quad (3)$$

$$\Delta\Pi_4 = \sum_j G_j \Delta d_j + \sum_j G_j u_j \frac{(\Delta t_{dj} + t_{xpi})}{365}, \quad (4)$$

где  $\Delta\Pi_3, \Delta\Pi_4$  – потери грузовладельцев, соответственно, при отказе в перевозке водным транспортом  $i$ -го груза и невыполнении договорных обязательств по принятому к перевозке грузу  $j$ , вследствие ухудшения путевых условий;

$\Delta d_i, \Delta d_j$  – разница в тарифах при перевозке, соответственно,  $i$ -го и  $j$ -го груза водным и альтернативным видами транспорта, руб./т;

$u_i, u_j$  – оптовая цена, соответственно,  $i$ -го и  $j$ -го груза, руб./т;

$\Delta t_{di}, \Delta t_{dj}$  – изменение срока доставки, соответственно,  $i$ -го и  $j$ -го груза при перевозке альтернативным видом транспорта, суток;

$t_{xpi}, t_{xpi}$  – продолжительность хранения, соответственно,  $i$ -го и  $j$ -го груза в случае ожидания грузовладельцем начала следующей навигации (межнавигационный период), суток;

365 – количество календарных дней в году.

Потери бюджета от уменьшения налоговых поступлений от судоходных компаний бассейна в связи с уменьшением перевозок, а следовательно и доходов из-за не обеспечения необходимых судоходных условий с составят:

$$\Delta\Pi_5 = (\Delta\Pi_1 + \Delta\Pi_2) \eta, \quad (5)$$

где  $\eta$  – доля налогов судоходной компании в доходах от основной деятельности.

Бюджет теряет также из-за снижения налоговых поступлений от несостоявшейся клиентуры судоходных компаний. Дополнительные расходы грузовладельцев при использовании альтернативного вида транспорта уменьшат налогооблагаемую базу по налогу на прибыль, а, следовательно, и сам налог.

В Обском бассейне основными грузоперевозчиками являются Западно-Сибирское речное пароходство, Новосибирский речной порт и Томская судоходная компания. На их долю приходится более 85% перевозок. Значительную часть груза, перевозимого по малым рекам, осваивается другими транспортными организациями. Резерв флота для роста перевозок у судоходных компаний имеется, однако не всегда путевые условия позволяют эксплуатировать имеющиеся суда. В результате чего перевозчики теряют большой объем доходов, а бюджет – налоги.

Снижение объема бюджетного финансирования путевых работ является прямыми потерями для судоходных компаний. Особенностью водных путей сибирских регионов является их первостепенное значение в освоении территорий. Объем работ напрямую зависит от объема финансирования путевого хозяйства, и существующие лимиты бюджетных средств не позволяют обеспечить регулярное судоходство на боковых и малых реках Сибири. Потребность в финансировании в Обском, Обь-Иртышском и Енисейском бассейнах намного выше выделяемых бюджетных средств, а выполнение платных услуг не решают проблемы финансирования по обеспечению необходимых судоходных условий для перевозки грузов.

Важное значение для транспортных предприятий, с точки зрения ресурсных рисков, имеет не только наличие финансирования, но и своевременное, перечисление денежных средств. В этом случае риск проявляется как в начислении штрафов и пени, так и в необходимости погашения налога (при отсутствии финансирования) за счет перераспределения средств других расходных статей. В таблице 2 представлены данные о финансировании транспортного налога, налога на имущество и водного налога по Новосибирской области.

*Таблица 2 – Бюджетное финансирование для уплаты налогов водного транспорта по Новосибирской области*

Вид налога	Сумма налога, тыс.руб.			Финансирование для уплаты налога, тыс.руб.	
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.
Транспортный	541819,8	599294,3	800000,0	финансирование не выделялось, уплата производилась за счет средств других статей	
Имущественный	2151625,8	3093550,0	3541400,0	–	325410,0
За пользование водными объектами	819,3	1163,0	1160,0	уплата производилась за счет текущих средств, выделенных по соответствующей статье расходов	

По Обь-Иртышскому бассейновому управлению пути доля налогов в смете бюджетного финансирования составила в 2006 г. 31,7% – 72360,0 тыс. руб. Задержка уплаты налогов сроком только на один день влечет за собой пени. Недофинансирование бассейна по налогу на имущество в 2006 г. составило 7121,8 тыс. руб. [1-3]. Частично необходимые средства для уплаты данного налога в размере около 2 млн. руб. были перечислены 2007 г.

В целом, финансовые ресурсы в части бюджетного финансирования путевого хозяйства должны быть больше на 30-40%, даже без учета требуемых дополнительных работ по развитию и улучшению качества судоходства. Только за 2004-2006 гг. фактические потери Западно-Сибирского пароходства за счет ограниченного бюджетного финансирования путевых работ составили 145640 тыс. руб., а с учетом требуемых, но невыполненных работ – 314180 тыс. руб.

Финансированием из федерального бюджета на современном этапе обеспечиваются только пути федерального значения, несмотря на взаимосвязанность с участками пути местного подчинения. Таким образом, нарушается структура имущественного комплекса путевого хозяйства, системность в работе судоходства и соответственно, ухудшается качество водных путей. Понятно, что недостаток бюджетного финансирования на содержание федеральной собственности проще всего покрыть за счет введения соответствующих плат и сборов за пользование объектами инфраструктуры. Однако, путевые организации, являясь мо-

нополистами, диктуют цены на дноуглубительные и тральные работы, на услуги по комплексному обслуживанию флота, информационному и аварийно-спасательному обеспечению судоходства, поэтому важным является вопрос объективности соответствующих платежей.

Министерство финансов, пользуясь классическим принципом планирования бюджета от достигнутого, увеличивает долю внебюджетных источников и, соответственно, сокращает государственную долю финансирования федерального путевого хозяйства. Все это происходит на фоне завершения административной реформы федеральных органов исполнительной власти, разграничения полномочий с субъектами Российской Федерации, перехода на программно-целевые и нормативные принципы отраслевого бюджетирования.

Заниженное бюджетное финансирование государственных бассейновых предприятий ведет к значительным потерям доходов у всех пользователей водных путей. Для обеспечения эффективной деятельности и с целью снижения риска потерь у всех субъектов транспортного процесса необходимо:

– во-первых, пересмотреть размеры финансирования путевых работ, уделить особое внимание ресурсообеспечению гидротехнических сооружений, являющихся объектами повышенного риска;

– во-вторых, утвердить долгосрочные программы по обеспечению габаритов пути и судоходной обстановки, установить критерии оценки деятельности бассейновых администраций и определить их ответственность перед пользователями.

– в-третьих, судоходные компании являются, как правило, крупными налогоплательщиками и вправе рассчитывать, что государство должно обеспечивать за счет бюджета покрытие не менее 85% расходов на содержание путевой инфраструктуры, как это принято в странах с развитой экономикой.

Только при этих условиях судоходные компании будут иметь ясные прогнозы по физическим параметрам и экономическим условиям обновления флота и развития перевозочной деятельности на реках и каналах России, активно участвовать в рамках государственно-частного партнерства в финансировании инфраструктуры внутренних водных путей.

Снижение ресурсных рисков не решит полностью проблему повышения эффективности и безопасности функционирования внутреннего водного транспорта. Важная роль отводится системному подходу и законодательному обеспечению реформ на внутренних водных путях. Все изменения должны решаться комплексно и одновременно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Закон Новосибирской области от 09.12.2005 № 358-ОЗ (ред. от 165.12.2006) «Об областном бюджете Новосибирской области на 2006 год» (принят Постановлением Новосибирского областного Совета депутатов от 01.12.2005 № 358-ОСД).

2 Закон Новосибирской области от 16.12.2006 № 70-ОЗ (ред. от 15.10.2007) «Об областном бюджете Новосибирской области на 2007 год» (принят Постановлением Новосибирского областного Совета депутатов от 07.12.2006 № 70-ОСД).

3 Закон Новосибирской области от 19.10.2006 № 29-ОЗ «Об исполнении областного бюджета Новосибирской области за 2005 год» (принят Постановлением Новосибирского областного Совета депутатов от 28.09.2006 № 29-ОСД).

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ОСОБЫХ ПОРТОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**М.А. Щербинина**

Рассматриваются перспективы развития внутреннего водного транспорта Сибири и Севера после принятия Государственной думой РФ 11 октября 2007 года законопроекта о создании на территории международных речных, морских портов и аэропортов портовых особых экономических зон (ПОЭЗ).

Эксплуатация портовых гидротехнических сооружений в районах Сибири и Севера имеет целый ряд специфических особенностей, обусловленных как общей структурой речного транспорта, так и условиями работы набережных в суровых климатических условиях. Кроме колебаний температур, гидротехническим сооружениям Сибири ежегодно приходится выдерживать значительные ледовые нагрузки.

Большинство причальных набережных на территории Сибири и Крайнего Севера были построены в период с 1970 по 1985 года, вследствие чего большинство из них требует капитального ремонта и модернизации для соответствия современным требованиям. Плачевное финансовое состояние многих портов Сибири не позволяет собственникам в необходимом объеме выполнять ремонтные работы и обновлять оборудование, что приводит к их аварийному состоянию. Практика показывает, что долговечность конструкций напрямую зависит от своевременности устранения дефектов конструкций и соблюдения норм эксплуатации. Для определения допустимых грузовых нагрузок на причальные набережные необходимо регулярное обследование конструкций специализированными лицензированными организациями.

В последние годы строительство нового причального фронта ведется в незначительных объемах, а отсутствие современного перегрузочного оборудования в портах, несвоевременное проведение дноуглубительных работ на реках Сибири делает водный транспорт менее привлекательным для грузоперевозчиков.

Принятый Государственной думой РФ 11 октября 2007 года законопроект о создании на территории международных речных, морских портов и аэропортов портовых особых экономических зон (ПОЭЗ), позволяет надеяться на привлечение дополнительных инвестиций на развитие водного транспорта. Документ позволяет создавать на территории морских и речных международных портов ПОЭЗ в которых устанавливается режим свободной таможенной зоны, а также предусматривает снижение арендной платы за пользование землей и производственными помещениями на территории портов, а также предоставление различных субсидий за счет бюджетных средств. В отличие от других создаваемых особых экономических зон, которые создаются на период 25 лет, портовые экономические зоны создаются на 49 лет.

Такой срок конечно оправдывается особенностью портового хозяйства, все гидротехнические сооружения, являются сооружениями повышенной надежности, их строительство требует значительных капитальных затрат, на возвращение которых может потребоваться даже не один десяток лет, в связи с существующей ситуацией на водном транспорте. Принятый законопроект позволит заинтересовать инвесторов, привлечь их к активизации деятельности существующих портов и для строительства новых.

Портовые экономические зоны предполагается создать в Азово-Черномоском, Каспийском, Арктическом, Балтийском, Дальневосточном морских бассейнах. Хотя эти зоны не касаются многих сибирских рек, они все равно будут стимулировать развитие внутреннего водного транспорта как связующие элементы с отдаленными районами.

Добыча полезных ископаемых остается в нашей стране одним из основных источников доходов, а существующие водные пути как нельзя лучше подходят для перевозки грузов в районах Сибири и Севера. В отличие от железнодорожного транспорта основные пути, которого имеют широтное расположение и обеспечивают грузоперевозки в направлении восток-запад, реки Сибири позволяют транспортировать грузы в направлении север-юг, а если еще учесть относительно невысокую стоимость транспортирования, а также возможность перевозки крупнотоннажных грузов, водный транспорт остается актуальным даже с учетом его сезонности.

При создании портовых экономических зон учитываются многие требования, такие как: уровень финансово-экономического состояния; основные технические характеристики морского (речного) порта, возможности по перевалке грузов, обслуживанию морских, речных судов, а также период навигации в морском (речном) порту; обеспеченность территории особой экономической зоной объектами инженерной, транспортной, социальной и иных инфраструктур; предполагаемые показатели развития инженерной, транспортной, социальной и иных инфраструктур особой экономической зоны и оценка стоимости затрат на их развитие; предполагаемая обеспеченность резидентов особой экономической зоны ресурсами; оценка количества вновь создаваемых рабочих мест; опыт реализации на территории муниципальных образований крупных инвестиционных проектов с участием отечественных и зарубежных инвесторов; планируемые объемы инвестиций на территории особой экономической зо-

ны; технико-экономические показатели инвестиционных проектов, планируемых к реализации на территории особых экономических зон; размеры и доли расходов федерального бюджета, бюджета субъекта Российской Федерации, местного бюджета и иных источников, связанных с созданием и функционированием особой экономической зоны; предполагаемый размер дополнительных доходов федерального бюджета, бюджета субъекта Российской Федерации и местного бюджета, связанных с созданием и функционированием особой экономической зоны и др.

Все эти факторы важны для выбора места для создания крупных международных портов, но одно из важнейших требований должно быть соблюдение экологических требований при строительстве и эксплуатации ПОЭЗ. Особое внимание должно уделяться контролю за соблюдением правил погрузо-разгрузочных работ, за вредными выбросами от портовой техники и грузов. Многие районы Севера до сих пор остаются уголками нетронутой природы и основная задача должна быть в их сохранении, и выборе таких зон, которые бы отвечали всем требованиям как экономическим, техническим так и экологическим.

Кроме грузоперевозок, водный транспорт может решить проблему пассажирских перевозок в летний период, ведь именно в летний период, когда у детей каникулы большинство жителей отделенных районов уезжают в отпуск, возникает дефицит билетов на авиа- и железнодорожные рейсы. Водный транспорт позволил бы значительно сократить затраты семей на дорогу и исключить необходимость покупки билетов за несколько месяцев до поездки, но для этого необходимо пополнение флота комфортабельными быстроходными судами для перевозки пассажиров.

Не следует забывать, о необходимости развития туризма в районах Сибири и Севера, многие иностранные туристы были бы поражены красотами, которые можно наблюдать, путешествуя по сибирским рекам, да и российские граждане не всегда знают, какие уникальные места их окружают. Путешествия по рекам России позволяет избежать неудобств связанных с дорогой и смену климата, которые могут отрицательно сказываться на здоровье, особенно пожилых людей и маленьких детей.

В связи с этим хочется надеяться, что организация и развитие особых портовых экономических зон послужит хорошим толчком в развитии водного транспорта, будет способствовать развитию портов, строительству новых причальных набережных, модернизации флота и увеличению грузо- и пассажирских перевозок.

## **ПЕРСОНИФИЦИРОВАННАЯ ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА КАК ОСНОВА ПРОЦЕССА «МАРКЕТИНГ ПРОДУКЦИИ» НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Д.В. Попкова**

Приводится модель персонифицированной политики построения тарифов на перевозку грузов речным транспортом, рассматривается возможность ее применения как основы процесса «маркетинг продукции» на предприятиях речного транспорта.

Политика формирования цен и тарифов должна подчиняться определенным целям, учитывать структуру затрат, долгосрочную перспективу, изменчивость экономических условий и использовать эффект системного взаимодействия производственных, транспортных, административных, посреднических (экспедиторских) и иных структур, так или иначе причастных к формированию конечной цены у потребителя.

Традиционно пароходствами тариф на перевозку грузов рассчитывается следующими путями (в зависимости от степени государственного регулирования):

– расчет грузового тарифа при ограничении нормы рентабельности

$$T_{\text{гос}} = (1 + r_{\text{гос}})(1 + \lambda) S_{\text{ф}}^{\text{сп}}, \quad (1)$$

где  $r_{\text{гос}}$  – предельная норма рентабельности по видам перевозок (устанавливается государственными органами);

$\lambda$  – норма инфляции;

$S_{\phi}^{ep}$  – эксплуатационные расходы на перевозку партии груза;

– расчет грузового тарифа, на основе утвержденных предельных коэффициентов

$$T_{zoc} = n_{zoc} T_0, \quad (2)$$

где  $n_{zoc}$  – установленный государственными органами повышающий (предельный) коэффициент к базовым тарифам;

$T_0$  – базовый тариф, рассчитанный на основе Прейскуранта 14-01.

– расчет грузового тарифа на основе эксплуатационных расходов, правомерно при условии  $T_{zoc} \geq T$

$$T = S_{\phi}^{ep} \prod_{i=1}^n (1 + \pi_i), \quad (3)$$

где  $T$  – тариф, рассчитанный на основе предлагаемой маркетинговой модели;

$\pi$  – корректирующий коэффициент;

$i$  – количество корректирующих коэффициентов,  $i = 1 \dots n$ .

С маркетинговой точки зрения, целесообразно формировать грузовые тарифы на речном транспорте на базе следующей модели:

$$T = f(S_{\phi}, Q_H, G_{r_k}^n, l_k, N_{C-ч_k}^{ПГ(ВГ)}, \mu, r, K_k), \quad (4)$$

где  $T$  – тариф за перевозку единицы груза;

$S_{\phi}$  – эксплуатационные расходы;

$Q_H$  – размер грузопотока за операцию;

$G_{r_k}^n$  – количество груза в партии, предъявляемой к перевозке;

$k$  – род груза;

$l_k$  – расстояние перевозки;

$N_{C-ч_k}^{ПГ(ВГ)}$  – соответственно судо-часовые нормы погрузки и выгрузки;

$\mu$  – характеристика внутреннего водного пути (зависит от типа водного пути – малые реки, магистраль, габаритов судового хода и т.д.);

$r$  – показатель рентабельности перевозок, установленный с учетом спроса и предложения и роли государственного регулирования;

$K_k$  – показатель, характеризующий «условное качество» перевозок.

Эксплуатационные расходы являются базисной величиной при построении грузового тарифа. Традиционно, их величина зависит от типа и мощности судна, продолжительности эксплуатационного периода, текущих цен на топливо, смазку и другие материалы, численности и должностных окладов членов экипажа, соотношения времени, затраченного на движение и стоянки, установленных норм амортизационных отчислений и других показателей.

К числу экономических показателей относятся судо-часовые показатели эксплуатационных расходов, которые для заданных типов судов рассчитываются в следующей последовательности:

– определяется строительная стоимость судна по укрупненным нормативам;

– определяются текущие издержки по двум укрупненным группам ( $\mathcal{E}_1$ -оплата труда плавсостава и отчисления на социальные нужды;  $\mathcal{E}_2$ -амортизация и ремонт судна, износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря и прочие предметы);

– рассчитываются судо-часовые показатели эксплуатационных расходов на топливо, смазочные материалы, прочие прямые и распределяемые расходы.

Практика определения влияния характеристики внутреннего водного пути на грузовой тариф широко распространена на территории стран, входящих в состав ЕС. По одной из предлагаемых специалистами методик высчитывается показатель, характеризующий наличие гарантированных глубин, по направлениям перевозок, предварительно заявленным грузовладельцами:

$$K_h = \frac{h_{zap}}{h}, \quad (5)$$

где  $h, h_{zap}$  – соответственно глубина и гарантированная глубина на рассматриваемом участке.

Таким образом, если  $k_n > 1$ , то принимается решение об изменении загрузки судна, маршрута перевозки, либо о переносе перевозки груза на альтернативные виды транспорта. Эффективность работы транспортного судна характеризуют следующие показатели:

- себестоимость содержания нормо-часа;
- затраты на рубль доходов;
- производительность труда плавсостава;
- прибыль;
- рентабельность.

Для расчета нормы рентабельности перевозок целесообразно использовать следующую формулу:

$$r = R \frac{G_i}{G_j} \left( \frac{D_e}{C_{пер}} n_e \right), \quad (6)$$

где  $R$  – желаемый уровень рентабельности;

$G_i$  – количество груза, предъявляемое к перевозке по предварительным заявкам грузовладельцев;

$G_j$  – количество груза, которое готов обслужить перевозчик;

$D_e$  – дотация государства по выбранному направлению;

$C_{пер}$  – себестоимость перевозки;

$n_e$  – корректирующий коэффициент, установленный на основе предельных норм повышения тарифа.

Расчет показателя, характеризующий «условное качество» перевозок

$$K_k = k_{конк} \cdot k_{ц} \cdot k_k, \quad (7)$$

где  $k_{конк}$  – корректирующий коэффициент, рассчитанный в соответствии с тарифной политикой конкурентов:

$$k_{конк} = \prod_{i=1}^n \frac{T_i^{собст}}{T_i^{конк}}; \quad (7.1)$$

$T_i^{собст}$  – собственный тариф;

$T_i^{конк}$  – тариф конкурента;

$k_{ц}$  – корректирующий коэффициент, рассчитанный в соответствии со стоимостью груза, предъявляемого к отправке:

$$k_{ц} = P_{оц}^{эп} / S_{ф}^{эп}; \quad (7.2)$$

$P_{оц}^{эп}$  – оценочная стоимость груза, предъявляемого к перевозке;

$S_{ф}^{эп}$  – себестоимость перевозки груза;

$k_k$  – корректирующий коэффициент, рассчитанный в соответствии с партнерской репутацией клиента:

$$k_k = \prod_{i=1}^n \frac{G_i^{факт}}{G_i^{дог}} \prod_{i=1}^n \frac{G_i^{клиента}}{G_i^{сум}}, \quad (7.3)$$

$G_i^{факт}$  – фактически перевезенный объем груза, предъявленный клиентом в отчетном периоде  $i$ ;

$G_i^{дог}$  – количество груза, предварительно заявленного к перевозке;

$G_i^{клиента} / G_i^{сум}$  – доля грузооборота изучаемого клиента в суммарном грузообороте.

Также при расчете тарифа необходимо учитывать ряд специфических рисков, напрямую связанных с природными и экономическо-политическими условиями функционирования.

Применение многофакторной модели предприятиями водного транспорта рекомендуется осуществлять в комплексе процесса «Маркетинг продукции». Карта процесса на предприятиях водного транспорта применяется для организации процесса «маркетинга продукции» перевозки грузов.

Назначение данного процесса заключается в поддержке принятия управленческих решений на стратегическом и оперативном уровне, связанных с производством, сбытом и про-



движением продукции, на основе анализа рыночной ситуации и изучения потребностей потребителей.

В качестве регламентирующих документов и задач можно принять информационные материалы и рекомендации руководству предприятия, руководителям подразделений и отделу маркетинга и сбыта (ОМиС) для поддержки принятия управленческих решений, связанных с производством, сбытом и продвижением продукции, а также задачи (задания) касающиеся маркетинга продукции, поставленные руководством предприятия и согласованные с руководством ОМиС.

Качество процесса «Маркетинг продукции» определяется степенью достижения критериев, запланированных показателей на отчетный период:

Не выполненные работы ( $P_H$ ). Доля не выполненных работ по маркетингу продукции за отчетный период (плановый показатель 13% от всех работ за отчетный период).

Выполненные работы, не принятые заказчиком или требующие доработки ( $P_D$ ). Доля выполненных работ по маркетингу продукции за отчетный период не принятых заказчиком или требующих доработки по причине не достижения поставленной цели (плановый показатель 7% от всех работ за отчетный период).

Внеплановые работы ( $P_{ВН}$ ). Доля работ по маркетингу продукции, не запланированных на отчетный период (плановый показатель 20% от всех работ за отчетный период).

Комплексная эффективность процесса «Маркетинг продукции» определяется по алгоритму, учитывающему степень достижения критериев, запланированных показателей на отчетный период и весовые показатели этих критериев:

$$КОЭ = 100\% - P_H \cdot K_1 - P_D \cdot K_2 + P_{ВН} \cdot K_3,$$

где  $P_H$  – не выполненные работы;

$P_D$  – выполненные работы, не принятые заказчиком или требующие доработки;

$P_{ВН}$  – внеплановые работы;

$K_i$  – весовой показатель соответствующего критерия.

Плановый комплексный показатель эффективности процесса 100% (предупреждающие и корректирующие действия не требуются)

При значении комплексного показателя эффективности процесса  $\geq 80\%$ , требуются предупреждающие действия с целью регулирования процесса.

Критическое значение показателя комплексной эффективности процесса  $< 80\%$  (требуются корректирующие действия с целью регулирования процесса).

Применительно к настоящему уровню развития службы маркетинга на предприятиях водного транспорта, осуществление процесса «Маркетинг продукции» целесообразно начать с введения соответствующей группы в рамках планово-экономического отдела, курирующего осуществление маркетинговой деятельности.

## **КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

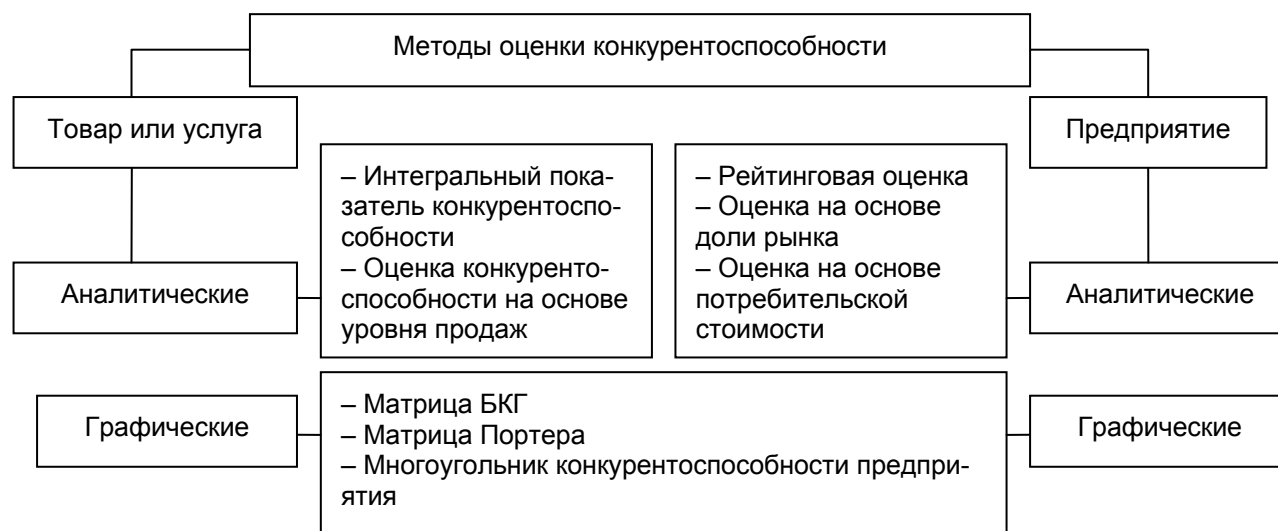
ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта

**Д.В. Лазарев**

Статья посвящена одной из актуальных проблем повышения конкурентоспособности транспортных предприятий на основе их реструктуризации. В статье рассмотрены виды конкуренции, требования, предъявляемые к условиям ее повышения и основные методы ее оценки, вместе с тем особое внимание уделяется влиянию внешней и внутренней среды на конкурентные преимущества железнодорожного транспорта.

Целью данной статьи является увязка конкурентоспособности и реструктуризации предприятий железнодорожного транспорта. Под конкурентоспособностью понимается, способность отвечать требованиям конкурентного рынка, запросам покупателей в сравнении с другими аналогичными товарами, услугами, представленными на рынке.

При оценке конкурентоспособности используют различные методы и показатели. Из методов различают: графический и аналитический (рисунок).



*Рисунок – Иерархия методов оценки конкурентоспособности*

Причем оба метода применяется как для оценки конкурентоспособности продукции, так и для конкурентоспособности предприятия.

При оценке конкурентоспособности учитывают условия и особенности как внешней, так и внутренней среды предприятия. Внешняя среда определяется рыночными условиями, моделями рынка. Внутренняя, зависит от конкурентных преимуществ предприятия. Конкурентными преимуществами железнодорожного транспорта являются:

- низкая себестоимость перевозок по сравнению с другими видами транспорта (так себестоимость перевозок на железнодорожном транспорте в 20-25 раз ниже себестоимости на автомобильном транспорте, и в 60-70 раз ниже, чем на воздушном);
- доступность к перевозкам, что обусловлено низкими тарифами по сравнению с другими видами транспорта, экономическим потенциалом и масштабностью;
- высокая скорость доставки пассажиров и грузов к месту назначения (средняя скорость доставки составляет 350-370 км/сутки);
- повышенная надежность, что характеризуется незначительной степенью риска гибели грузов и пассажиров или причинения вреда здоровью (таблица 1);
- качество (культура обслуживания пассажиров, удовлетворенность перевозками);
- широкий диапазон доставки пассажиров и грузов, который колеблется от нескольких десятков до несколько тысяч километров;
- взаимосвязь с другими видами транспорта (характеризуется наличием пунктов перевалки грузов с одного вида транспорта на другой).

Однако на железнодорожном транспорте можно выделить ряд факторов влияющих на снижение конкурентоспособности:

1) Это, прежде всего, не эффективная тарифная политика, при которой издержки не подразделяются на начальные, конечные и движущие, что не позволяет установить зависимость тарифа от дальности отправок. Во-вторых, не устанавливаются нормативы предельного уровня рентабельности при определении объема прибыли в тарифе. В-третьих, отсутствует обоснованная методика определения налога на добавленную стоимость.

2) Высокая степень износа основных фондов, прежде всего речь идет о состоянии вагонного парка (таблица 2).

К факторам, влияющим на конкурентоспособность, следует отнести так же не эффек-

*Таблица 1 – Расчетные значения общего риска гибели человека на разных видах транспорта*

Вид транспорта	Численное значение общего риска
Автомобильный	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Водный	$9,0 \cdot 10^{-6}$
Воздушный	$9,0 \cdot 10^{-6}$
Железнодорожный	$4,0 \cdot 10^{-6}$

тивную систему государственного регулирования деятельности предприятий железнодорожного транспорта. Если на федеральном уровне такие действия выполняет Федеральная служба по тарифам РФ, то в субъектах РФ отсутствуют контролирующие органы, на что указывает практика осуществления контроля без наличия соответствующих программ и методик, а самое главное, не установлена ответственность за нарушения и отклонения в их деятельности.

*Таблица 2 – Структура вагонного парка Федеральной пассажирской дирекции по возрасту*

Тип вагонов	Возраст, лет													
	до 1	уд. вес, %	1-3	уд. вес, %	3-7	уд. вес, %	7-11	уд. вес, %	11-14	уд. вес, %	14 -21	уд. вес, %	свыше 28	уд. вес, %
СВ	5	2,6	30	15,5	0	0	69	35,8	48	24,9	25	13	16	8,3
Купейные	384	13	141	4,8	205	6,9	1393	47	439	14,8	160	5,4	242	8,2
Плацкартные	7	0,3	58	2,4	26	1,1	33	1,4	820	34,6	534	22,6	890	37,6
Межобластные	9	1,8	14	2,8	14	2,8	249	49	3	0,6	5	1,0	214	42,1
Багажные	7	2,0	66	18,7	17	4,8	67	19,0	0	0	6	1,7	190	53,8

Перечисленные факторы, несомненно, снижают уровень конкурентоспособности предприятий железнодорожного транспорта. Одним из направлений решения проблем в области конкурентоспособности является реструктуризация структур производства, персонала и издержек, а так же структуры основных фондов. Так, реструктуризация организационной структуры повысит эффективность управления деятельностью транспортных предприятий. Реструктуризация структуры персонала позволяет оптимизировать структуру кадров по профессиональным признакам, определить необходимость потребности персонала на предмет его сокращения, что отразится на расходах предприятия. Реструктуризация издержек предусматривает определение оптимальной их структуры, определение удельных весов и сокращение излишних запасов ресурсов. Реструктуризация основных фондов, прежде всего, вагонного парка влияет на амортизационную политику, позволяет разработать меры по обновлению вагонного парка.

Таким образом, во-первых, просматривается связь между конкурентоспособностью и реструктуризацией. Во-вторых, осуществление поэтапной реструктуризации позволит, прежде всего, повысить эффективность деятельности транспортных предприятий, обоснованность установления тарифов, в том числе их возможное снижение и в целом повысить эффективность управления деятельностью предприятия и его конкурентоспособность.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИГРАНИЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ**

ГОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный технологический университет»

**В.В. Алексеева**

Рассматривается транспортная система Республики Бурятия, перечислены факторы, положительно влияющие на развитие транспортного комплекса Республики Бурятия, а также усложняющие развитие транспорта. Приведены особенности и перспективы формирования единой приграничной инфраструктуры в рамках международных транспортных коридоров на основе разработки концептуального подхода в виде трансграничного кластера, основанного на синтезе теории кластеров и интегрированной логистики.

Географическое положение России уникально, к востоку и югу от России сложилось пространство Азиатско-Тихоокеанского региона (Индонезия, Малайзия, Филиппины, Сингапур, Австралия, Новая Зеландия, Камбоджа, Таиланд и ряд других государств) со своей эко-

номической и военно-политической структурами.

Расширению международных экономических связей России со странами Азиатско-Тихоокеанского региона способствует геостратегическое расположение ее регионов, в частности Республики Бурятия, территория которой образует международный транспортный коридор, что дало возможность для республики стать выгодным мостом для транзитных перевозок грузов и пассажиров. Республика Бурятия имеет выгодное и перспективное географическое положение. Через нее проходят крупные транспортные магистрали, входящие в Международные транспортные коридоры, такие как А-165 «Байкал» (Улан-Удэ-Кяхта до границы с Монголией); М-55 «Байкал» (Челябинск-Иркутск-Улан-Удэ-Чита). По территории Республики Бурятия проходит железнодорожная магистраль – Транссиб, связывающая страны Западной Европы со странами Юго-Восточной Азии, Казахстаном, Монголией, Китаем.

На территории Бурятии действуют железнодорожный, автомобильный, водный и воздушный виды транспорта. На формирование и развитие наземной транспортной сети Республики Бурятия оказывают влияние экономико-географические и геополитические факторы.

Транспортная система Республики Бурятия представляет собой единый комплекс, выполняющий три основные функции:

1 обеспечение внутриреспубликанских перевозок;

2 связь промышленно развитых центральных регионов России с восточной частью страны;

3 обслуживание международного транзита в направлении Восток-Запад.

К числу положительно влияющих на развитие транспортного комплекса факторов относятся:

– наличие участков международных транспортных коридоров, проходящих по территории республики Бурятия-Транссиб, БАМ, Улан-Удэ-граница с Монголией (Кяхта, Наушки);

– расположение Республики Бурятия между крупными промышленными центрами – Иркутско-Байкальским и Южно-Дальневосточным;

– расположение Республики Бурятия между основными грузообразующими макрорегионами страны (Восточным и Западным);

– пограничное положение – Республика Бурятия имеет выход к государственной границе России с Монголией, а через Монголию – в Китай;

– действие на территории республики программ развития и модернизации транспортной инфраструктуры федерального и регионального уровней.

К факторам, усложняющим развитие транспорта можно отнести:

– «Байкальский фактор» – к строительству и функционированию транспорта и промышленности предъявляются повышенные экологические требования;

– высокий процент изношенности основных фондов существующей транспортной сети;

– отсутствие проработанных и согласованных инвестиционных проектов по развитию транспортной системы Республики Бурятия;

– рельеф местности – практически вся территория покрыта горными хребтами и плоскогорьями;

– климатические особенности – зимой температура достигает до  $-50^{\circ}\text{C}$ , а летом до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

– повышенную сейсмическую опасность – вся территория республики находится в зоне с сейсмичностью от 7 до 10 баллов.

В настоящее время состояние приграничной инфраструктуры Республики Бурятия в рамках международных транспортных коридоров не соответствует потенциальным возможностям международного сотрудничества.

В перспективе необходимо создание единого механизма взаимодействия участников приграничной зоны, а также разработка программ по обустройству участков международных транспортных коридоров.

При построении единой приграничной инфраструктуры необходимо разработать концептуальный подход к формированию и развитию единой приграничной инфраструктуры в виде трансграничного кластера, основанного на теории кластеров и интегрированной логистики к оценке параметров развития приграничной инфраструктуры. Использование теории интегрированной логистики позволяет определить эффективный механизм взаимодействия участников транспортных коридоров через создание международного транспортно-распределительного логистического центра.

Актуальность формирования транспортно-логистической системы в Республике Бурятия определяется высокой актуальностью темы логистики в современной России как стратегического фактора обеспечения конкурентоспособности и устойчивого экономического роста страны.

До недавнего времени в нашей стране ученые и специалисты в области экономики и управления народным хозяйством мало внимания уделяли вопросам развития и практического применения логистики, что и определило значительное отставание России в этой области.

Термин «логистика» происходит от греческого слова «logistike», что означает искусство вычислять, рассуждать [2].

Логистика – это научное учение о системном планировании управления и контроле материальных потоков, потоков энергетических, информационных, а также потоков пассажирских [3].

Логистический подход на транспорте направлен на интегрированное планирование, организацию и управление товароматериальными и сопутствующими потоками и является практическим инструментом бизнеса комплексного координирующего порядка, который ориентирует всех участников транспортно-распределительного процесса на увязку во времени и в пространстве товароматериальных и сопутствующих потоков, последовательно проходящих через стадии хранения, транспортировки, перевалки, складирования, грузопереработки и доставки готовой продукции непосредственным потребителям [4].

Транспорт играет ключевую роль в логистике и логистическом менеджменте, что объясняется целым рядом факторов, связанных прежде всего с тем, что без транспортировки невозможно само существование материального потока, а тем более его продвижение в логистической цепи. Транспортный сервис, дополненный операциями грузопереработки, например, на грузовых терминалах, включает подавляющее большинство логистических функций, связанных с организацией и управлением товароматериальными и сопутствующими потоками [1].

Формирование интегрированной транспортно-логистической системы в Республике Бурятия будет способствовать внедрению современных логистических технологий, обеспечивающих ускорение продвижения товароматериальных потоков; снижению транспортных издержек в конечной стоимости продукции; модернизации логистической инфраструктуры транспортных узлов, входящих в систему международных транспортных коридоров; развитию Дальнего Востока и Забайкалья в качестве одного из основных приоритетов социально-экономического развития России, а также реализации транзитного потенциала республики, расширению устойчивых торгово-экономических связей с Монголией и Китаем, включая создание совместных предприятий и реализацию международных проектов.

Все вышеперечисленные задачи могут быть успешно решены только при условии адекватного развития транспортно-логистической инфраструктуры и формирования в Республике Бурятия сети логистических центров, объединенных в региональные и межрегиональные интегрированные транспортно-логистические системы на основе формирования единого информационного, организационно-экономического, научно-технического, кадрового и нормативно-правового обеспечения.

Таким образом, созданный на территории Республики Бурятия транспортно-логистический комплекс должен обеспечить эффективное взаимодействие всех видов транспорта: железнодорожного, автомобильного, воздушного, а в перспективе – и водного транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С. Лукинский [и др.]. -М.: Финансы и статистика, 2000. -248 с.
- 2 Логистика / Б.А. Аникин [и др.]. -М.: ИНФРА-М, 2004. -367 с.
- 3 Николайчук, В.Е. Логистика: учеб. пособие / В.Е. Николайчук. -СПб.: Питер, 2003. -160 с.
- 4 Неруш, Ю.М. Логистика: учеб. для вузов / Ю.М. Неруш. -М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. -389 с.

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта

**Д.А. Коршунов**

Рассмотрено применение метода синхронного планирования и оптимизации в практической деятельности речных портов в целях совершенствования оперативного управления, повышения эффективности их функционирования и конкурентоспособности.

Работа портов в условиях функционирования транспортного узла организуется в комплексе со смежными видами транспорта. Одной из основных функций управления транспортным узлом является оперативное планирование, которое должно обеспечивать взаимодействие элементов транспортного узла, с автомобильным и железнодорожным транспортом, судами транзитного флота, причалами и перегрузочной техникой [1]. В настоящее время имеется определенный опыт организации и управления работой портов в оперативных условиях (с учетом формируемых рыночных отношений). Однако имеющиеся решения не раскрывают всех возможностей и содержат ряд недостатков. В частности периоды планирования, рекомендуемые для использования при организации работы порта, не имеют четкого обоснования, отсутствует анализ возможных и альтернативных вариантов взаимодействия порта с другими элементами транспортного узла и оптимизация этого взаимодействия.

Для повышения эффективности оперативного управления работой портов автором предлагается использовать метод синхронного планирования и оптимизации (разработан во второй половине 90-х годов Д. Тюрбайдом).

Системы синхронного планирования и оптимизации (СПО) состоят из двух частей: первая отвечает за планирование производства и снабжения, а вторая предназначена для диспетчеризации и оптимизации производства, используется в составе корпоративных информационных систем управления (например, «Галактика»). Первая часть системы базируется на использовании метода MRP-II, который обеспечивает планирование приобретения ресурсов для выполнения логистических операций на предприятии. Кроме этого используются методы ERP-II – оптимизация распределения ресурсов по участкам работы и DRP-II – дистрибуция и сбыт готовой продукции.

В составе системы синхронного планирования и оптимизации рекомендуется использовать самые современные информационно-математические методы, в частности метод искусственного интеллекта, опирающийся на применение экспертных систем и баз знаний; нейронных сетей, моделирующих работу человеческого мозга; нечетких множеств и нечеткой логики; эвристических методов, базирующихся на знаниях и опыте специалистов.

Важным достоинством метода СПО (его второй части) является возможность наложения на процесс оперативного управления самых разнообразных ограничений. Взаимодействие методов СПО, а также MRP-II и ERP-II в КИС «Галактика» показано на рисунке.

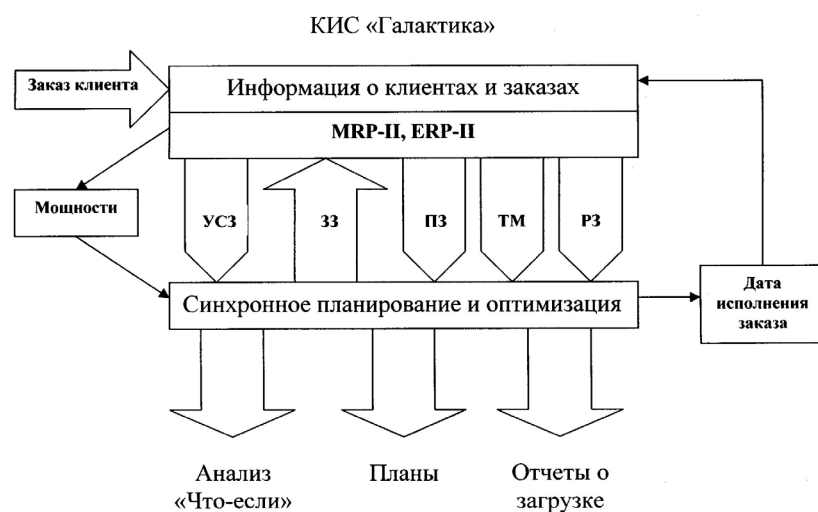
Система СПО является своеобразным фильтром, пропускающим через себя все поступающие на вход систем MRP-II и ERP-II заказы. На выходе из системы СПО формируются заказы, которые необходимо выполнить в установленные сроки с учетом имеющихся производственных мощностей и логистических возможностей предприятия.

Решение вопроса «обещать сразу» формируется достаточно быстро, с проведением всех обоснований и расчетов в системе синхронного планирования и оптимизации на ПЭВМ в режиме on-line (он-лайн). Пользователи системы (менеджеры предприятия) уже в процессе телефонного разговора с клиентом получает от ПЭВМ ответ – можно ли принимать заказ сразу и когда он будет выполнен.

Эффективность использования метода СПО обеспечивается при выполнении следующих условий: на предприятии осуществляется позаказное производство с большим количеством заказов клиентов (зависит от мощности предприятия) и оперативности его работы (например, порт, крупная судоходная компания и т.д.); необходимость быстрой адаптации производства под заказ клиента и быстрого определения даты отгрузки; необходимость группировки нескольких технологических операций или изделий для выполнения заказа кли-

ента [2, 3].

В оперативных условиях планирование должно быть непрерывным, своевременно реагирующим на изменение условий работы. В соответствии с установившейся практикой к оперативным относят суточные, декадные и месячные планы работы флота и портов. Месячный план служит основой для разработки планов с меньшей периодичностью.



*Рисунок – Взаимодействие методов СПО*

Учитывая необходимость обеспечения равномерной дискретности планирования и его непрерывности, преемственности плановых показателей, целесообразно осуществлять плавный переход от наибольшего периода оперативного планирования к наименьшему, т.е. от месячного к суточному. Поэтому рассмотрим следующие возможные варианты системы планирования:

- месячное, 20, 15 или 10 суточное;
- 7, 6 или 5 суточное;
- суточное или сменное.

Введем следующие критерии для оценки и сравнения планов:

- объем планирования;
- качество планирования;
- гибкость планов;
- эффективность планирования.

Объем планирования выражается максимальным количеством плановых показателей, которые могут быть выполнены в этот плановый период с наибольшей вероятностью.

Качество планирования – это максимальная вероятность реализации планов –  $P_t$ , т.е. установленных этим планом показателей. Величина  $P_t$  характеризуется минимальными отклонениями фактической величины показателей, достигнутой при их реализации от плановой.

$$\Delta V = V_{пл} - V_{ф} \leq 0.$$

Плановый показатель считается выполненным, когда  $V_{пл} \leq V_{ф}$ , кроме некоторых стоимостных показателей – себестоимость, расходы, для которых справедливо обратное выражение:  $V_{пл} \geq V_{ф}$ , т.е.  $\Delta V \geq 0$ .

Вероятность выполнения планов или получения минимальных отклонений в целом по всем показателям определяется по выражению:

$$\bar{P}_b = \frac{\sum P_b}{C},$$

где  $b$  – признак плановых показателей,  $b = \overline{1, c}$ ;

$P_b$  – вероятность выполнения  $b$ -го показателя;

$\bar{P}_b$  – средняя вероятность выполнения плана.

Гибкость планов выражается вероятностью выполнения плана при возникновении сбойных ситуаций при его реализации. Это достигается, как правило, за счет регулирования отдельными звеньями производственного процесса, например, перераспределение флота или перегрузочной техники по участкам работ. Для определения вероятности выполнения плана в условиях сбойных ситуаций используем формулу:

$$P_{cc} = \prod_{v=1}^{\alpha} P_v,$$

где  $P_v$  – вероятность выполнения плана при возникновении  $v$ -ой сбойной ситуации,  $v = \overline{1, \alpha}$ .

Из выражения (3) видно, что при увеличении числа сбойных ситуаций вероятность выполнения плана уменьшается.

Эффективность планирования выражается суммарным экономическим эффектом в рублях, получаемым в результате реализации плановых заданий. Лучше всего оценивать план размером относительного эффекта, т.е.

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}/t_n,$$

где  $\mathcal{E}_o$  – относительная эффективность, руб./сутки;

$\mathcal{E}$  – общая эффективность, получаемая за плановый период, руб.;

$t_n$  – продолжительность планового периода, сут.

Исходя из того, что заявки клиентуры уточняются еженедельно, можно сделать вывод о необходимости деления месячного планового периода на декады. Этот вывод подтверждается также следующим:

– периоды планирования должны быть кратны друг другу;

– оперативное планирование работы смежных видов транспорта (железнодорожного и автомобильного), взаимодействующих с местным флотом в транспортном узле, также ведется с декадной периодичностью;

– критерии оценки планов с декадной периодичностью лучше, чем у планов с 15 и 20 дневной периодичностью в среднем на 15%.

Декадные планы в свою очередь целесообразно разбить на пятидневные и суточные. Пятидневная периодичность планирования обусловлена, во-первых, лучшим качеством планов,

$$\overline{P}^5 = 0,93 > \overline{P}^6 = 0,9 > \overline{P}^7 = 0,85 > \overline{P}^{5,6,7} = \overline{P}_b;$$

во-вторых, большей гибкостью, так как  $P_{cc}^5 > P_{cc}^6 > P_{cc}^7$  и, наконец, кратностью пятидневных планов декадным и месячным, что подтверждается статистическими данными работы портов.

Остальные оценочные критерии для планов сравниваемых периодичностей отличаются незначительно, поэтому во внимание не принимаются.

В настоящее время минимальной периодичностью планирования работы порта является сменно-суточная, обеспечивающая достаточно качественное и полное планирование в оперативных условиях на существующей информационной базе. В дальнейшем предлагается ввести в практику организации работы порта в оперативных условиях сменно-суточное планирование с двухсуточным (двухсменным) циклом, которое перейдет практически в планирование в реальном масштабе времени, т.е. в немедленное реагирование системы управления на происходящие изменения в управляемом объекте. Двухсуточный цикл обеспечивает непрерывность планирования при качественном выполнении других функций управления. При этом обоснование плановых показателей производится как на плановые, так и последующие сутки. Таким же образом осуществляется и сменное планирование – на расчетные и следующие за ними сутки. Предлагаемая методика и технология оперативного планирования позволяют не проводить ежемесячно или ежесуточно обоснование всех плановых показателей, а корректировать те из них, фактический уровень которых по данным контроля, учета и анализа имеет в текущем плановом периоде отклонения, приводящие к невыполнению плана последующих суток (смены).

На основе месячного плана работы порта формируются заявки на подачу вагонов и автомашин и месячный план завоза-вывоза грузов в составе плана работы транспортного узла совместно со смежными видами транспорта с подекадной разбивкой. По своему составу по-



казатели декадного плана работы порта практически не отличаются от месячного, однако их расчет имеет определенные особенности. Во-первых, объемные показатели (объем отправления, грузооборот) рассчитываются с учетом их выполнения за предыдущие периоды планирования. Во-вторых, при декадном планировании производится уточнение показателей, предусмотренных месячным планом. Если в условиях работы и в составе оборудования не произошло существенных изменений, следовательно, можно не пересчитывать показатели, предусмотренные месячным планом на данную декаду.

Кроме того, в декадном плане формируется план отправления грузов и обработки судов на каждые из плановых суток. При расчете плана на декаду одновременно рекомендуется производить расчет (уточнение) планов на последующие декады до конца месяца. При этом формируются заявки на подачу вагонов и автомашин на очередную декаду (посуточно), а также рассчитывается количество грузов на складах в начале и конце периода планирования.

В разрезе суточного плана осуществляется формирование данных о количестве грузов на складах, заявках клиентуры на перевозку, возможностях завоза-вывоза грузов в эти пункты автомобильным и железнодорожным транспортом; рассчитывается запасы НСМ в местах добычи; производится расчет оптимального плана отправления судов, вагонов и автомашин из транспортного узла; планируется обработка судов, вагонов и автомашин; при изменении условий производится перераспределение перегрузочной техники по участкам работы и расчет показателей ее использования; уточняются плановые объемные показатели – объем переработки (перегрузочных работ) и грузооборот порта.

После нахождения оптимальных значений варьируемых величин необходимо объединить все этапы планирования с целью получения показателей работы порта для данного планового периода.

Одной из основных задач при планировании является обеспечение минимальных затрат времени при взаимодействии элементов транспортного узла. Для успешного решения данной задачи необходимо разрабатывать такие планы работы порта, которые обеспечат:

- выполнение норм обработки судов, вагонов и автомашин;
- минимальные затраты флота и элементов транспортного узла при перевозке установленного количества грузов необходимой номенклатуры;
- выполнение норм времени по доставке грузов потребителям при минимальных затратах.

Таким образом, оптимизация использования ресурсов порта в условиях работы транспортного узла позволяет получить:

- дополнительную прибыль от работы порта за счет снижения непроизводительных простоев перегрузочной техники, повышения ее производительности, снижения сроков обработки транспортных средств;
- снижение затрат от нетранспортных этапов доставки грузов ввиду обеспечения рациональных сроков их хранения на промежуточных складах;
- повышение конкурентоспособности предприятий речного транспорта в данных условиях работы.

В целом синхронная система планирования и оптимизации в совокупности с обоснованной периодичностью планирования обеспечивает порту достаточно надежное и гибкое управление основной деятельностью в оперативных условиях, что положительно скажется на его эффективности работы.

Таким образом, процесс реализации метода синхронного планирования и оптимизации является мощным инструментом поддержки принятия управленческих решений, а также существенным компонентом ведения электронного бизнеса на эксплуатационных предприятиях речного транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Спирин, С.Л. Управление региональным отраслевым комплексом: дис. ... канд. экон. наук / С.Л. Спирин. -Н. Новгород, 2000.
- 2 Звягин, А.А. Повышение эффективности мелкопартионных перевозок грузов: дис. ... канд. экон. наук / А.А. Звягин. -Н. Новгород, 2005.
- 3 Бауэрсокс, Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Д. Дауэрсокс, Д. Клосс. -М.: Олимп-Бизнес, 2001.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТА**

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта

**А.В. Федюшин**

Достигнутые в последние годы показатели работы транспорта, состояния материально-технической базы, путей сообщения, не содержат качественных изменений и предпосылок для их дальнейшего устойчивого роста. Поэтому происходящие реформы в транспортной отрасли определяют особую актуальность экономической безопасности на уровне его хозяйствующих субъектов. В статье описаны подходы к решению существующих задач.

Формирование современных рыночных отношений, преобразование форм собственности, изменение психологии и мотивации труда определяют необходимость учета новых предпосылок управления и обеспечения устойчивой производственно-хозяйственной деятельности. Среди них особая роль отводится поддержанию должного уровня экономической безопасности хозяйствующих субъектов, как условия сохранения достигнутых темпов развития, стабильного функционирования национальной экономики, ее отраслей и хозяйствующих субъектов. В этой связи в последнее время в сфере экономики возросло внимание к проблемам потенциальных и реальных угроз, возникла необходимость формулировки четкой концепции развития национальной экономики с учетом обеспечения ее безопасности.

Экономическая безопасность любого предприятия должна обеспечиваться, прежде всего, за счет эффективности внутренней структуры и организации его бизнеса. Наряду с защитными мерами, осуществляемыми предприятием, оно должно защищать себя высокой производительностью труда, качеством продукции и т. д. Обеспечение экономической безопасности предприятия не является исключительно прерогативой какого-либо одного отдела, службы, или группы лиц. Она должна поддерживаться всей внутренней структурой системы управления предприятием, включая руководство и рядовых работников.

Можно говорить о том, что предприятие находится в состоянии экономической безопасности только в том случае, если возможные угрозы предотвращены, а риски минимизированы. Очевидно, что для эффективного предотвращения угроз необходима оценка как возможности их возникновения, так и влияния, оказываемого соответствующими негативными воздействиями на экономический объект – транспортное предприятие или его составную часть. Эта оценка может быть получена на основе анализа критериев экономической безопасности компании.

В современных научных исследованиях по этой проблеме предлагается именно такой подход: по результатам полученной оценки экономических угроз предлагается разработать комплекс мероприятий по их предотвращению [1, 3].

Однако, оценка текущего состояния экономической безопасности организации, сама по себе носит исключительно информативный характер, более того, выводы, которые можно сделать на основе такой оценки имеют отношение исключительно к текущему периоду. Следовательно, комплекс мер, который может быть предложен в результате анализа многокритериальной оценки экономической безопасности организации, к сожалению, уже не актуален.

Реформирование отрасли, задачей которого является активизация и наращивание экономико-технического потенциала и необходимость повышения конкурентоспособности предприятий транспорта и транспортной системы страны в целом, определяет необходимость новых подходов к методологии и организации управления экономическими процессами. Преобразование структуры управления и форм собственности отрасли определяют особую значимость рассматриваемой проблемы на уровне хозяйствующих субъектов транспорта. Актуальность проблемы экономической безопасности на транспорте усиливается также в силу особой роли внутреннего водного транспорта в национальной экономике и, с другой стороны – в силу негативных тенденций макроэкономических показателей в период становления в стране рыночных отношений.

Существующие проблемы подтверждают важность научного обоснования методов оценки экономической безопасности хозяйствующих субъектов внутреннего водного транс-

порта с позиций обеспечения устойчивого функционирования всей отрасли. Кроме того, экономическая безопасность хозяйствующих субъектов является наряду с финансовой и социальной политикой государства основой такого состояния экономики страны, которое обеспечивает ее стабилизацию, функционирование в режиме расширенного воспроизводства и минимизацию влияния внешних факторов.

К сожалению, достигнутые в последние годы показатели работы транспорта, состояние материально-технической базы, путей сообщения, не содержат качественных изменений и предпосылок для их дальнейшего устойчивого роста. Поэтому преобразование структуры управления и форм собственности в транспортной отрасли с учетом угроз экономической безопасности, определяют особую актуальность данной проблемы на уровне ее хозяйствующих субъектов [2].

Очевидно, что в сложившейся ситуации становится актуальной разработка методических основ оценки экономической безопасности и формирование рекомендаций по ее применению в процессе планирования и экономического регулирования работы хозяйствующего субъекта транспортной системы.

Для решения рассматриваемой проблемы предлагается поэтапно выполнять комплекс следующих мероприятий:

1) необходимо произвести обоснование системы показателей (критериев) экономической безопасности и группировки их по основным функциональным составляющим;

2) на основании статистических данных с помощью современных экономико-математических методов следует оценить прогнозное значение критериев экономической безопасности для исследуемого объекта на расчетный период;

3) используя полученные в результате выполнения пункта два результаты, следует разработать комплекс мероприятий по предотвращению возможных угроз (срок исполнения мероприятий зависит от периода, на который производится прогнозная оценка);

4) по окончании расчетного периода, необходимо выполнить оценку текущего состояния экономической безопасности транспортного предприятия, которая позволит оценить качество разработанного комплекса мер и учесть возможные ошибки и просчеты для дальнейшего планирования его работы.

Исходя из предложенного методического подхода, одним из основных направлений механизма управления экономической безопасностью транспортного предприятия является постоянное проведение мониторинга, который предусматривает сравнение отчетных и прогнозных данных, фактических и прогнозных параметров социально-экономического развития предприятия, сравнение сформированного перечня критериев с их пороговыми значениями и выявление отклонения уровня этих параметров от установленных пороговых значений. В каждом случае такого отклонения необходимо выявить причины, приведшие к указанному отклонению и его возможные негативные последствия на финансово-экономический результат работы предприятия.

Предлагаемый метод обеспечивает более динамичный подход к стратегии обеспечения экономической безопасности предприятия, позволяет планировать в его бюджете расходы на соответствующие мероприятия по обеспечению экономической безопасности и осуществлять стратегическое планирование на необходимый период времени. Поскольку в результате исследований получается не статическая картина, а исследуется динамика изменений соответствующих показателей, с использованием такого подхода можно не только оценивать экономическую безопасность как соотношение между значениями критериев и их пороговыми значениями. Это дает в руки исследователя инструмент, позволяющий за счет анализа динамики изменения показателей выявлять негативные тенденции на ранних этапах деятельности предприятия и проводить профилактические мероприятия, позволяющие изменить развитие негативных тенденций, частично или полностью предотвратить возможные угрозы его бизнесу. В свою очередь это позволяет существенно сократить расходы на обеспечение экономической безопасности.

По результатам мониторинга в обязательном порядке необходима выработка мер, которые предлагается принять по преодолению выявленных отклонений и по нейтрализации возможных негативных последствий. Естественно, что данное положение относится как к внутреннему менеджменту предприятий транспорта, так и к государственной политике в транспортной отрасли.

Другим важнейшим элементом обеспечения экономической безопасности предприятия является стратегическое планирование и прогнозирование его экономической безопасности,

которое должно быть органической частью стратегического планирования бизнеса и деятельности предприятия. Стратегический план обеспечения экономической безопасности должен оформляться отдельным документом и содержать в себе конкретные меры по обеспечению экономической безопасности, перечень мероприятий, даты их начала и завершения, а также состав работников, ответственных за выполнение соответствующих мероприятий. По результатам выполнения мероприятий должны вноситься соответствующие корректировки и регулирование воздействия по ходу выполнения плана. Необходимо произвести оценку бюджета стратегического плана обеспечения экономической безопасности предприятия и использовать эти данные при осуществлении планирования его финансово-хозяйственной деятельности.

Все вышеизложенное может служить подтверждением справедливости рассмотрения экономической безопасности транспортной отрасли в аспекте концепции национальной экономической безопасности. Позитивные сдвиги в экономике страны требуют адекватного развития транспортной системы. В этих условиях важнейшими задачами отрасли являются обеспечение устойчивого функционирования путей сообщения, доступности и высокого качества предоставляемых услуг, снижение совокупных затрат на перевозки пассажиров и грузов, удовлетворение растущего платежеспособного спроса. Решение этих задач также обеспечивает необходимый уровень экономической безопасности отрасли и соответственно национальную транспортную безопасность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Белый, О.В. Стратегия развития транспортной отрасли в условиях системного кризиса страны / О.В. Белый // Бюл. трансп. информ. -1999. -№7/8. -С.48-49, 180.

2 Выездное заседание Комитета Государственной думы ФС РФ по энергетике, транспорту и связи // Реч. трансп. -2006. -№3. -С. 49-51.

3 Кожевников, Р.А. Экономическая безопасность железнодорожного транспорта / Р.А. Кожевников, З.П. Межох, Н.П. Терешина. -М.: Маршрут, 2005. -321 с.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВКАМИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕЧНЫМИ ПОРТАМИ**

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта

**М.А. Матюгин**

Рассматриваются вопросы расчета параметров транспортно-технологического процесса при управлении поставками нерудных строительных материалов речными портами на принципах логистики, обеспечивающие решение задачи с учетом интересов порта и потребителей.

Современная практика менеджмента основывается на переходе от управления отдельными логистическими функциями или операциями к управлению бизнес-процессами – более адекватными объектами концепции интегрированной логистики [1]. И это в полной мере просматривается на примере поставки нерудных строительных материалов (НСМ) речным портом.

Для осуществления управления бизнес-процессами ресурсы порта сформированы в транспортно-перегрузочные комплексы (ТПК), включающие в свой состав добывающую, погрузо-разгрузочную технику и транспортный флот.

Поставка НСМ потребителю требует непрерывного оперативного управления транспортным потоком, что осуществлялось изначально в системе диспетчерского управления работой порта.

Диспетчер порта имеет дело с огромным объемом информации, отражающей ситуации, в которых находится система в определенные моменты времени. Логично в этом случае сделать вывод о необходимости разработки новых адаптивных алгоритмов управления процессом поставки НСМ, целью которых будет являться переход от рутинных операций (база

данных, хранение и обработка информации) к автоматизации интеллектуальных функций – выбору оптимального решения, в основе которого лежит модель сложной системы. Это обуславливает создание базы знаний, включающей в себя следующие компоненты:

- экономико-математические пакеты прикладных программ;
- набор типовых целей (максимум прибыли, минимум издержек, выполнение договорных сроков и т.д.), ситуаций и вариантов их решений;
- возможность пополнения базы знаний при изменении условий окружающей среды.

Кроме поставки НСМ, в функции порта входят и другие виды деятельности, для выполнения которых требуются производственные ресурсы, используемые как на поставке НСМ, так и на других работах. Поэтому необходимо определить количество и состав ресурсов, которые будут назначены на выполнение тех или иных работ.

Процесс назначения ресурсов на всю совокупность портовых работ рассмотрен ниже. В нем используются обозначения:

$m$  – признак работы;

$r$  – признак ресурса;

$U_{m\tau}^{необх}$  – необходимая интенсивность освоения  $m$ -ой работы на момент  $\tau$ , т/сутки;

$U_{m\tau}^{\phi}$  – фактическая интенсивность освоения  $m$ -ой работы на момент  $\tau$ , т/сутки;

$G_m^{дог}$  – объем  $m$ -ой работы, указанный в договоре, т;

$G_{m\tau}^{\phi}$  – фактический освоенный объем  $m$ -ой работы на момент  $\tau$ , т;

$\tau_m^{к.дог}$  – конечный срок выполнения  $m$ -ой работы (указывается в договоре);

$\tau$  – момент принятия решений;

$\tau_m^{н.дог}$  – начало действия договора на выполнение  $m$ -ой работы.

Значения необходимой и фактической интенсивностей освоения  $m$ -ой работы на момент  $\tau$  определяются соответственно, т/сутки:

$$U_{m\tau}^{необх} = \frac{G_m^{дог} - G_{m\tau}^{\phi}}{\tau_m^{к.дог} - \tau}; \quad (1)$$

$$U_{m\tau}^{\phi} = \frac{G_{m\tau}^{\phi}}{\tau - \tau_m^{н.дог}}. \quad (2)$$

Все  $m$ -ые работы, которые необходимо выполнить речному порту, и незадействованные  $r$ -ые ресурсы на момент  $\tau$  принимаются к рассмотрению. Данные ресурсы можно разделить на перевозочные (тяга, тоннаж, самоходные суда) и погрузо-разгрузочные (плавучие и порталные краны). Выбор варианта назначения основывается на технологической совместимости ресурсов  $r$  с ресурсами, уже участвующими в освоении  $m$ -ых работ. Поэтому может существовать некоторое множество ТПК  $\{F_m\}$ , используемое на выполнение  $m$ -ых работ.

Каждому варианту назначения  $r$ -ых ресурсов, включенных в состав  $f$ -го ТПК ( $f \in F_m$ ), соответствует определенная интенсивность  $U_{mf}$ .

При выборе решения о назначении ресурсов на определенные работы в качестве критерия предлагается принять максимальное значение интегрированного коэффициента  $K_{mf\tau}^{унм}$  (ситуации с директивным назначением ресурсов на работы не рассматриваются):

$$K_{mf\tau}^{унм} = \gamma_{\Delta U} \cdot \Delta U_{m\tau} + \gamma_{\rho} \cdot \rho_{mf} + \gamma_w \cdot W_{m\tau}, \quad (3)$$

где  $\Delta U_{m\tau}$  – степень отклонения фактической интенсивности освоения  $m$ -ой работы от необходимой на момент  $\tau$ ;

$\rho_{mf}$  – коэффициент доходности выполнения  $m$ -ой работы  $f$ -ым ТПК, включающим  $r$ -ые ресурсы;

$W_{m\tau}$  – вес  $m$ -ой работы в составе всех работ, выполняемых портом, на момент  $\tau$ ;

$\gamma_{\Delta U}$  – степень отклонения фактической интенсивности освоения  $m$ -ой работы от необходимой на момент  $\tau$ ;

$\gamma_{\rho}$  – коэффициента доходности выполнения  $m$ -ой работы  $f$ -ым ТПК;

$\gamma_w$  – вес  $m$ -ой работы в составе всех работ, выполняемых портом, на момент  $\tau$ .

Составляющие интегрированного коэффициента определяются следующим образом:

$$\Delta U = \frac{U_{m\tau}^{необх} - U_{m\tau}^{\phi}}{U_{m\tau}^{необх}}; \quad (4)$$

$$\rho_{mf} = \frac{d_m}{S_{mf}^{пер} + S_{mf}^{пост} / U_{mf}}, \quad (5)$$

где  $U_{mf}$  – интенсивность освоения  $m$ -ой работы  $f$ -ым ТПК, т/сутки;

$S_{mf}^{пер}$  – переменная составляющая себестоимости выполнения единицы  $m$ -ой работы  $f$ -ым ТПК, руб./т;

$S_{mf}^{пост}$  – постоянная составляющая себестоимости содержания ресурсов, включенных в  $f$ -ый ТПК, при освоении  $m$ -ой работы, руб./сутки;

$d_m$  – доходная ставка за выполнение  $m$ -ой работы, руб./т.

$$W_{m\tau} = \frac{d_m (G_m^{\text{дог}} - G_{m\tau}^{\phi})}{\sum_m d_m (G_m^{\text{дог}} - G_{m\tau}^{\phi})}. \quad (6)$$

Все из вышеперечисленных показателей имеют свою значимость в зависимости от сложившихся состояний внутренней и внешней сред (финансовое состояние порта или клиента, текущее календарное время и др.). Поэтому нами предложено определять релевантность показателей при содействии экспертов по правилу Фишберна [2].

Выбор и назначение  $r$ -ых ресурсов на  $m$ -ые работы рассматривается во взаимодействии с транспортно-перегрузочными средствами (сформированные ТПК –  $\{F_m\}$ ), уже осваиваемыми данными работы. Максимальное значение  $K_{mf\tau}^{унм}$  идентифицирует  $m$ -ую работу, которая должна осваиваться  $f$ -ым ТПК, включающим в свой состав имеющиеся в наличии у порта  $r$ -ые ресурсы ( $N_r$ ).

Следует отметить, что на одну из работ можно сделать выбор в пользу только одного ТПК (при таком подходе сохраняется техническая, технологическая и экономическая целостность принятого решения). Далее определяется потребное количество и состав  $r$ -ых ресурсов, выделенных для освоения  $m$ -ых работ по  $f$ -му ТПК. В случаях остатка  $r$ -ых ( $N_{mr}^{осм}$ ) ресурсов, рассматривается возможность их использования на других работах и производится выбор по тому же критерию – максимальное значение  $K_{mf\tau}^{унм}$ . Однако назначение возможно только по тем ТПК, которые включают в свой состав  $r$ -ые ресурсы ( $r \in N_{mr}^{осм}$ ).

Подобные расчеты продолжают до тех пор, пока не останется неосвоенных работ, либо незадействованных ресурсов.

По завершении расчетов из всего состава  $m$ -ых работ выделяются работы, связанные с поставкой НСМ, и в дальнейшем во внимание принимаются только назначенные на них ресурсы, а также специализированные технические средства, которые не могут участвовать ни на каких иных работах (земснаряды, гидрперегрузжатели и др.).

Найти оптимальное решение по всей цепочке поставки НСМ в силу большого числа вариантов при многообразии учетных факторов очень трудно. Поэтому необходима декомпозиция задачи с разбиением её на ряд этапов, для каждого из которых следует оптимизировать решения с учетом влияния на управленческие решения, принимаемые на смежных этапах. В статье рассмотрены шесть этапов поставки НСМ:

$q = 1$  – добыча и погрузка в транспортное судно;

$q = 2$  – перевозка до склада порта (получателя);

$q = 3$  – выгрузка на причал порта (клиента);

$q = 4$  – отгрузка на складе порта (самовывоз);

$q = 5$  – перевозка груза смежным видом транспорта (при осуществлении перевозки собственными транспортными средствами – контроль порта за исполнением);

$q = 6$  – выгрузка на склад клиента.

Решение задачи начинается с последнего (шестого) этапа. В случае выбора клиентом поставки НСМ по схеме «от двери до двери», заключительным этапом будет выгрузка на

складе получателя. Ограничивающим условием является вместимость склада получателя и предельное значение интенсивности работ на шестом этапе  $U_{икр\text{q}6}^{\text{пред}}$  (т/сутки) составит:

$$U_{икр\text{q}6}^{\text{пред}} = \frac{E_{кр\text{q}6} - G_{икр\text{q}6}^{\text{ост}}}{t_i} + U_{икр\text{q}6}^{\text{произв}}, \quad (7)$$

где  $G_{икр\text{q}6}^{\text{ост}}$  – остаток  $k$ -го НСМ на складе  $p$ -го получателя на начало  $i$ -го планового периода, т;

$E_{кр\text{q}6}$  – вместимость склада  $p$ -го получателя под  $k$ -ый вид НСМ, т;

$U_{икр\text{q}6}^{\text{произв}}$  – интенсивность потребления  $k$ -го НСМ  $p$ -ым получателем для производственных целей в  $i$ -ом периоде (информация по показателю поступает от клиента), т/сутки.

Выбор перевозчика (своими ресурсами или контрагента) производится на пятом этапе с учетом возможностей клиента (наличие причала, железнодорожных подъездных путей, средств выгрузки). Ограничительным условием по интенсивности выполнения  $кр$ -ых поставок будет  $U_{икр\text{q}6}^{\text{пред}}$ .

Выбор оптимального перевозчика при доставке НСМ до склада получателя производится на основе сравнения общей стоимости доставки разными видами транспорта с учетом качества перевозок.

Отгрузка со склада порта и перевозка до склада получателя должны выполняться с равными интенсивностями:

$$U_{икр\text{q}5} = U_{икр\text{q}4}, \quad (8)$$

Тогда предельное значение интенсивности при отгрузке груза со склада порта в  $i$ -ом периоде с учетом (8) будет равна предельной интенсивности, с которой склад получателя может принимать  $k$ -ый НСМ. Это, в свою очередь, ставит задачу постоянного оперативного контроля за загруженностью складов  $p$ -го получателя и налаженных информационных потоков с  $p$ -ым получателем:

$$U_{икр\text{q}4}^{\text{пред}} = U_{икр\text{q}6}^{\text{пред}}. \quad (9)$$

При определении максимальной интенсивности, с которой груз поступает на склад порта в  $i$ -ом периоде, учитываются ограничительные факторы третьего и четвертого этапов процесса поставки в виде:

$$U_{икр\text{q}3}^{\text{пред}} = \frac{E_{к\text{q}3} - G_{ик\text{q}3}^{\text{ост}}}{t_i} + \sum_p U_{икр\text{q}4}, \quad (10)$$

где  $E_{к\text{q}3}$  – вместимость склада порта под  $k$ -ый вид НСМ, т;

$G_{ик\text{q}3}^{\text{ост}}$  – остаток  $k$ -го НСМ на складе порта на начало  $i$ -го планового периода, т;

$t_i$  – продолжительность  $i$ -го планового периода, суток.

Таким образом, выбранные значения интенсивностей на четвертом, пятом и шестом этапах поставки НСМ определяют верхнюю границу интенсивности на предшествующих этапах.

Необходимым условием определения согласованных параметров работы порта на первом, втором и третьем этапах является равенство эксплуатационных интенсивностей добычи, перевозки и выгрузки НСМ транспортно-перегрузочными средствами порта [3], т.е.

$$U_{икр\text{q}1} = U_{икр\text{q}2} = U_{икр\text{q}3}, \quad (11)$$

поэтому предельные значения интенсивностей, определенные для третьего этапа, распространяются на предшествующие этапы.

Выбор управляющего решения производится исходя из производственного потенциала порта и его контрагентов и обусловлен наличием разнотипных ресурсов, включенных в ТПК с широким спектром параметров (производительность, мощность, грузо-подъемность и др.).

Эффективность работы речного порта зависит от интенсивности использования транспортно-перегрузочных ресурсов: чем выше интенсивность, тем лучше экономические показатели (издержки, прибыль и т.д.). Однако верхний предел интенсивности  $U_{икр\text{q}1:3}$  ограничи-

вается возможностями порта, связанные с имеющимися техническими ресурсами, емкостями складов. Значения интенсивностей могут приниматься в интервале от 0 до  $U_{икр\eta 1-3}^{пред}$ , но не являются непрерывной величиной. Они дискретны и каждому ТПК соответствует конкретное значение интенсивности. Поэтому назначать интенсивность работ необходимо по верхней границе её значений, чтобы иметь возможность просмотра всех вариантов использования ТПК.

Итогом в реализации приведенных выше методических подходов должны стать: создание необходимой базы знаний по оптимизации управленческих решений при поставке НСМ с возможностью её пополнения; информационно-логическая схема управления поставками НСМ, чётко отражающая информационные потоки между звеньями логистической цепи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сербин, В.Д. Основы логистики: учеб. пособие / В.Д. Сербин. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. - 97 с.

2 Курчеева, Г.И. Анализ рисков малого предприятия с учетом состояния отрасли / Г.И. Курчеева, Л.Н. Стребкова // Управление риском. - 2007. - №3. - С. 21-25.

3 Ситнов, А.Н. Проблема использования производственных ресурсов в управлении работой речных портов: монография / А.Н. Ситнов. - Н. Новгород: ВГАВТ, 2002. - 218 с.

## **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

**П.К. Крылов**

Показано, что в условиях усиления конкуренции на рынке грузовых перевозок как между предприятиями внутреннего водного транспорта, так и видами транспорта, растущими требованиями грузовладельцев к качеству перевозок, выбор судоходными компаниями и портами эффективной стратегии требует правильно оценённых тенденций развития транспортного рынка. Это предопределяет необходимость формирования комплексной системы прогнозирования грузовых перевозок на внутреннем водном транспорте.

В современных условиях выбор судоходными компаниями и портами эффективной стратегии функционирования и развития требует правильной оценки тенденций развития транспортного рынка. Это определяет необходимость организации проведения систематических исследований рынка, определения влияния возможных изменений внешней среды на уровень спроса и надёжного прогнозирования грузовых перевозок. В этих условиях стоит задача развития организационно-экономических основ формирования системы прогнозирования грузовых перевозок на внутреннем водном транспорте.

Анализ существующих подходов к определению роли и места прогнозирования в системе управления транспортным предприятием позволил сделать вывод о том, что, являясь начальным этапом процесса стратегического планирования, прогнозирование обеспечивает выявление долгосрочных тенденций внешней среды, обоснование и оценку возможных альтернативных вариантов развития транспортного предприятия, а также путей и средств их достижения для учёта при выработке долгосрочных целей компании и формирования её стратегии и тактики поведения на рынке.

Основной задачей прогнозирования грузовых перевозок при формировании управленческих решений в системе стратегического планирования является оценка перспективных объёмов спроса на транспортные услуги.

Спрос на грузовые перевозки внутренним водным транспортом очень подвижен, изменчив, имеет специфичную структуру, носит в определённой степени вероятностный характер, что определяет сложность получения его прогнозного значения. Прогнозирование усложня-



ется ещё и тем, что структура спроса на грузовые перевозки, его величина и интенсивность зависят от совокупности экономических, технологических, социально-политических, демографических, культурно-исторических, природных факторов и конъюнктуры транспортного рынка. Они системно формируют конкретный уровень потребления транспортных услуг и определяют параметры его развития на перспективу. Таким образом, первоочередной задачей при прогнозировании спроса на грузовые перевозки становится выявление, отбор и получение опережающей информации о внешних факторах, которые могут воздействовать на будущий спрос, оценка вероятности возникновения каждого фактора и степени влияния наиболее значимых факторов на спрос.

Неоднородность транспортного рынка, связанная с различной структурой транспортных потребностей грузовладельцев, неодинаковым уровнем платёжеспособности и прочими факторами, определяет необходимость использования при прогнозировании перевозок принципа сегментации транспортного рынка. В частности, в связи с тем, что набор факторов и их влияние на формирование уровня спроса различается по сегментам транспортного рынка, представляется необходимым дифференцированно подходить к прогнозированию спроса на различных сегментах на разные прогнозные периоды, то есть использовать различные методы прогнозирования и соответствующий данному сегменту набор факторов. Подобный анализ позволяет определить не только объём спроса на грузовые перевозки на различных рыночных сегментах, но и разработать возможные варианты решения задачи наиболее качественного удовлетворения потребностей грузоотправителей в перевозках в перспективе и способы эффективного воздействия на уровень спроса в каждом сегменте.

Проведенный анализ качества прогнозов, полученных с помощью различных методов, позволил сделать вывод о том, что точность прогнозных оценок сильно варьируется в зависимости от рода груза, периода упреждения прогноза, степени детализации прогнозов (по родам грузов, грузоотправителям, направлениям перевозки), информационной обеспеченности прогнозов и других факторов.

Спрос на грузовые перевозки формируется под воздействием большого числа факторов, большинство из которых трудно формализуемо, что осложняет возможность оценки степени их влияния на объёмы перевозок. Кроме того, различные методы прогнозирования по-разному отражает тенденции прошлого периода и влияние факторов внешней среды. Поэтому представляется целесообразным расчёт интегральных прогнозов с помощью совокупности формализованных и эвристических методов с дальнейшей разработкой на их основе комплексного прогноза и корректировкой его экспертами с учётом последних изменений тенденций развития рынка грузовых перевозок.

Расчёт обобщённой прогнозной оценки на период времени  $t$  по нескольким количественным методам, с учётом [1], автором предлагается осуществлять по формуле (1), где происходит усреднение прогнозных оценок, полученных с помощью различных методов, с учётом коэффициентов надёжности прогнозов по данным методам:

$$G_t^{комб} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{ti} \cdot K_{hi}}{\sum_{i=1}^n K_{hi}}, \quad (1)$$

где  $i$  – признак метода;

$G_{ti}$  – прогноз объёмов перевозок в  $t$ -м году, полученный по  $i$ -ому методу, т;

$K_{hi}$  – коэффициент надёжности прогноза по  $i$ -му методу.

Определение надёжности прогнозной оценки по каждому методу осуществляется по обычным формулам теории вероятности и математической статистики для расчёта доверительного интервала.

Реализация подхода к прогнозированию грузовых перевозок, основанного на комплексном использовании формальных и эвристических методов, позволяет рассмотреть не только поведение отдельных показателей деятельности предприятия и факторов их формирования, но и исследуемого объекта в целом, что позволяет повысить точность и достоверность разрабатываемых прогнозов.

Прогноз спроса на перевозки грузов должен быть подкреплён исследованием факторов, определяющих предложение транспортных услуг на рынке со стороны конкурентов, и оценкой доли транспортного предприятия в каждом сегменте рынка грузовых перевозок.

Прогноз доли рынка определяет величину объёма грузовых перевозок судоходной компании на рынке в перспективе. В конечном счёте, величина доли рынка и объёма перевозок речной судоходной компании составляет основу разработки как стратегического, так и текущих планов и является основой для планирования загрузки и модернизации флота. Задача прогнозирования состоит в оценке изменений конъюнктуры рынка, которые способны в перспективе повлиять на величину рыночной доли судоходной компании. Прогнозируемая доля рынка транспортного предприятия определяются уровнем тарифов на грузовые перевозки  $P$  и качеством перевозок  $Q$  в сравнении с его конкурентами, эффективностью маркетинговой деятельности транспортного предприятия и предпринимаемых им маркетинговых усилий по стимулированию рыночного спроса  $R$ :

$$D_n = f(P; Q; R). \quad (2)$$

Таким образом, прогнозируемый спрос на услуги судоходной компании  $C_n$  представляет собой долю судоходной компании  $D_n$  в общем спросе на грузовые перевозки на данном рыночном сегменте  $C$ :

$$C_n = C \cdot D_n. \quad (3)$$

Функционирование речных судоходных компаний и портов на рынке грузовых перевозок в России происходит под воздействием различных факторов риска – как общих коммерческих, так и связанных со спецификой транспортной деятельности. В результате действия факторов риска в деятельности транспортного предприятия возрастает вероятность невыполнения транспортными компаниями прогнозируемых объёмов перевозок. В связи с этим стоит задача прогнозирования вероятности возникновения рисков при реализации каждой из прогнозных альтернатив, оценки степени риска и выбора оптимального варианта стратегии и тактики развития судоходной компании с учётом разработанных мероприятий по устранению или минимизации рисков.

Анализ рынка грузовых перевозок Европейской части России позволил сформировать перечень факторов, которые, по мнению специалистов судоходных компаний, оказывают существенное влияние на объёмы грузовых перевозок речным транспортом [2]. В качестве основных количественных факторов, определяющих объём перевозок грузов в рыночных сегментах на долгосрочную перспективу, нами выделяются следующие: платёжеспособный спрос на перевозки грузов, подкреплённый заявками грузовладельцев; обеспеченность перевозок провозной способностью флота; индексы изменения тарифов на грузовые перевозки; уровень цен на перевозимые грузы; доля транспортного предприятия в общем объёме перевозок на каждом конкретном сегменте рынка; структура и масштабы транспортно-экономических связей в регионе.

Таким образом, для успешного прогнозирования и планирования предстоящих объёмов перевозок транспортное предприятие должно владеть данными не только о тенденциях своего развития, положения на рынке по отношению к потребителям и производителям аналогичных услуг, но также использовать информацию о динамике развития конъюнктуры транспортного рынка и тенденциях развития грузообразующих отраслей на средне- и долгосрочную перспективу.

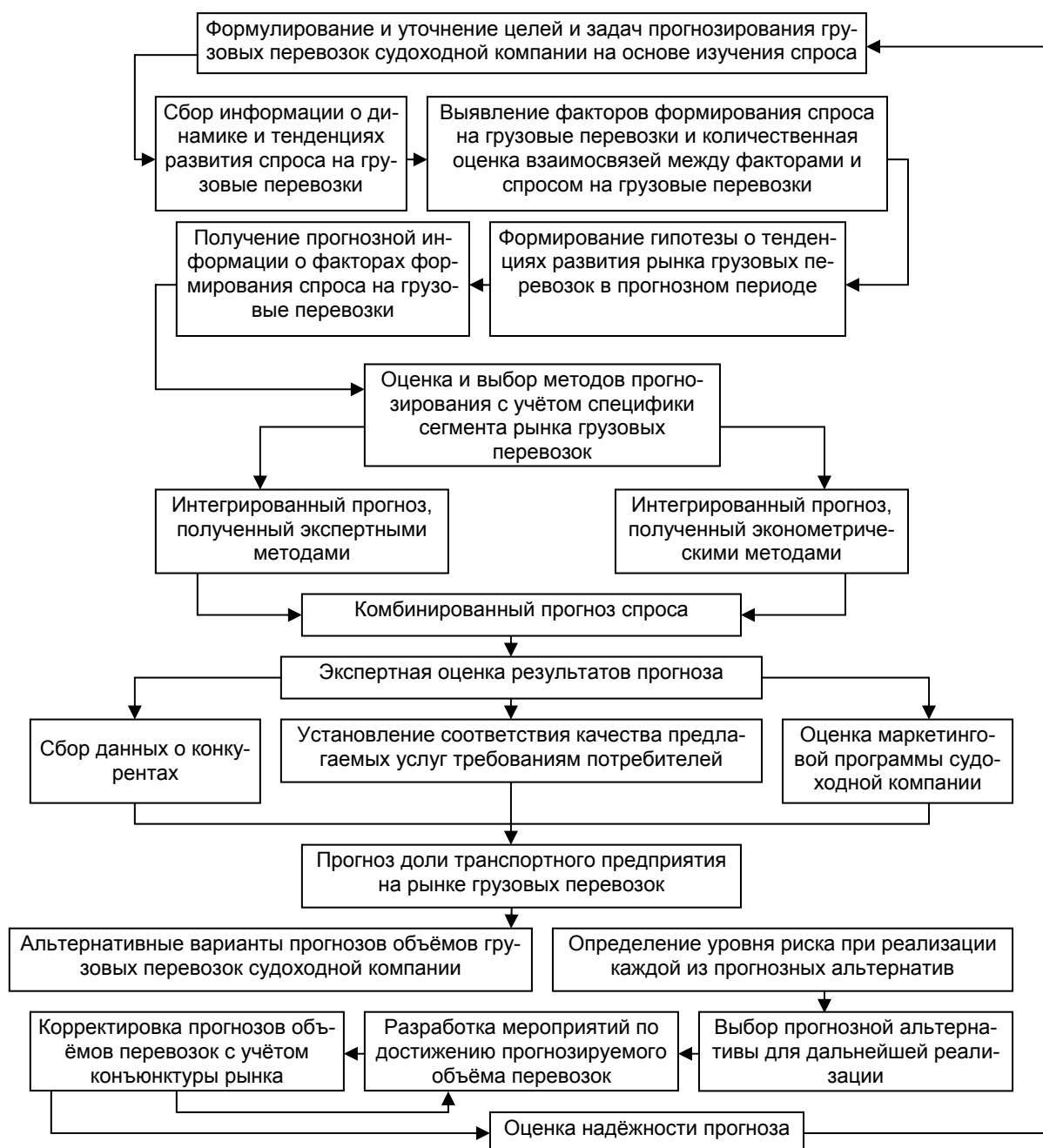
На рисунке представлена предлагаемая комплексная схема прогнозирования грузовых перевозок судоходной компании.

Вопросы формирования системы прогнозирования грузовых перевозок предопределяют необходимость решения проблемы повышения качества разрабатываемых прогнозов и оценки их надёжности. Обязательным условием формирования качественных прогнозов грузовых перевозок является разработка системы оценки качества прогнозных оценок, включая решение вопросов определения совокупности формализуемых критериев оценки качества прогнозов, выявление причин ошибок прогнозирования, обоснование методов оценки и путей их снижения.

Степень совершенства прогнозов может выражаться через различные показатели, такие как достоверность, точность, величина ошибки прогнозирования. В качестве наиболее общего, интегрального критерия оценки качества прогноза предлагается рассматривать показатель надёжности, который помимо количественной оценки вероятности осуществления прогноза и его ошибки, подразумевает отсутствие необходимости его корректировки, возможность принятия эффективных решений с минимальной степенью риска, обеспечение полного совпадения прогнозов с реальными обстоятельствами развития рынка.

Одна из задач повышения надёжности прогнозирования грузовых перевозок заключается в минимизации источников ошибок прогнозов. Это достигается разработкой комплекса мероприятий по следующим основным направлениям:

- разработка системы выбора методов прогнозирования;
- совершенствование системы сбора и обработки информации о рынке, необходимой для разработки прогнозов, включая решение проблемы установления оптимального её объёма;
- проведение глубокого качественного анализа совокупности факторов, определяющих развитие рынка грузовых перевозок, с целью выявления и отбора наиболее значимых для каждого рыночного сегмента факторов для включения их в прогнозную модель.



*Рисунок – Комплексная схема прогнозирования грузовых перевозок судоходной компании*

Система оценки и выбора методов прогнозирования грузовых перевозок строится на основе учёта следующих факторов: цели разработки прогноза, специфика сегмента транспортного рынка, временной горизонт прогнозирования, достоверность и полнота исходной информации, ограничения на разработку прогнозов по времени и средствам, уровень управления, для которого разрабатывается прогноз, классификация методов прогнозирования и характеристика каждого метода.

Технология выбора определенных методов и обоснование возможности их применения в прогнозировании грузовых перевозок на том или ином сегменте транспортного рынка осуществляется на основе их комплексной оценки по ряду критериев и состоит из следующих основных этапов:

1 С целью учёта периода времени, на который разрабатывается прогноз, производится оценка методов прогнозирования с точки зрения возможности их использования для разработки краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов, в результате чего выделяются три группы методов.

2 С целью учёта ограничений на информацию, имеющуюся у разработчиков прогноза, все методы прогнозирования внутри выделенных групп оцениваются по критерию «Требования к информационному обеспечению», который учитывает необходимость значительного объёма ретроспективной информации для использования метода. В соответствии с данным критерием методы разделяются на три группы: методы с высокими требованиями к информационному обеспечению; методы со средними требованиями к информационному обеспечению; методы с низкими требованиями к информационному обеспечению.

3 Оценка методов по комплексному критерию «Удобство и простота применения метода», который учитывает ограничения на разработку прогноза по времени и средствам. Данный комплексный критерий включает следующие оценочные критерии:

- распространённость практического применения метода на транспортных предприятиях;
- степень научно-методической разработки метода, которая учитывает освещённость метода в методической литературе по прогнозированию, наличие критериев для оценки его адекватности;
- простота применения метода, которая учитывает сложность математического аппарата, лежащего в его основе, а также сложность экономической интерпретации полученных результатов;
- простота обработки информации при использовании метода;
- наличие программных продуктов, автоматизирующих обработку информации с помощью данного метода.

Данный перечень оценочных критериев может быть дополнен с учётом практических задач прогнозирования, стоящих перед конкретным транспортным предприятием.

Оценка методов по каждому критерию производится экспертным путём по выбранной шкале в соответствии со степенью соответствия каждого метода рассматриваемому критерию. Интегральная оценка  $i$ -го метода по комплексному показателю удобства и простоты применения ( $M_i^{yln}$ ) определяется как отношение суммы набранных им баллов по пяти критериям  $\left( \sum_{j=1}^n P_{ij} \right)$  к максимально возможному количеству баллов  $\left( \sum_{j=1}^n P_j^{\max} \right)$  и принимает значения в интервале от 0 до 1:

$$M_i^{yln} = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_j^{\max}}, \quad (4)$$

где  $i$  – признак метода;  
 $j$  – признак критерия.

В условиях ограничений на разработку прогноза по времени и средствам наиболее предпочтительным является использование методов, у которых интегральная оценка приближается к единице. С уменьшением требований к срокам разработки прогноза могут быть задействованы методы, у которых интегральная оценка по комплексному показателю удобства и простоты применения в прогнозировании грузовых перевозок выше 0,5.

Окончательный выбор метода прогнозирования должен быть основан на их сравнительном анализе по данным критериям, а также исходя из имеющегося опыта их практического применения в решении аналогичных задач на конкретных сегментах транспортного рынка.

Анализ результатов оценки методов позволяет сделать вывод о том, что наиболее применимыми на уровне транспортного предприятия в прогнозировании грузовых перевозок на

краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу являются методы экстраполяции, включая сезонные модели и экспоненциальное сглаживание, методы корреляционно-регрессионного анализа, метод авторегрессии, а также методы индивидуальных и коллективных оценок. Остальные фактографические и экспертные методы, получившие оценку ниже 0,6, в основном предъявляют слишком большие требования к исходной информации и трудоемки. Несмотря на это, данные методы могут давать надёжные прогнозные оценки и по усмотрению разработчиков использоваться для прогнозирования грузовых перевозок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Костров, В.Н. Взаимодействие предприятий речного транспорта с грузовладельцами в условиях рынка: организационно-экономический аспект: монография / В.Н. Костров. -Н. Новгород : ВГАВТ, 1999. -193 с.

2 Костров, В.Н. Стратегические факторы формирования объёмов грузовых перевозок на водном транспорте / В.Н. Костров, П.К. Крылов // Великие реки-2006: генеральные докл., тез. докл. -Н. Новгород : НГАСУ, 2006.

### **АНАЛИЗ РЫНКА КРЕДИТНЫХ УСЛУГ**

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта

**Т.С. Сергеева, Р.И. Уткин**

Проведен анализ рынка кредитования коммерческих проектов.

Кризис банковской системы, неизбежно сопровождающийся сбоем в расчетной системе, приводит к кризису неплатежей. Как показала практика, финансовые кризисы, имевшие место в России в период с 1994 по 1998 г., были спровоцированы низким уровнем общего и финансового менеджмента, в том числе – в российских банках.

Отсутствие проработанных методик размещения активов (кредитования, игры на рынке ценных бумаг и т.п.), авторитарные методы принятия управленческих и финансовых решений, стремление играть на спекулятивных рынках, низкий уровень общего экономического и финансового образования менеджеров, безусловно, внесли свой негативный вклад в ослабление банковской системы России. Все эти проблемы прекрасно знакомы участникам российского финансового рынка. В то же время на протяжении многих лет ситуация практически оставалась неизменной. Причины этого кроются в следующем:

1 Руководители крупнейших российских банков («МЕНАТЕП», «ОНЭКСИМ» и др.) исходили из того, что наиболее крупными денежными средствами в стране располагает государство. По этой причине приоритетными считались проекты, связанные с реализацией федеральных программ, имеющих защищенные статьи в бюджете, проекты, реализуемые под гарантии региональных администраций.

2 Методики кредитования коммерческих проектов были не отработаны.

3 Реальным финансовым анализом деятельности предприятий, являющихся клиентами банков, их модернизацией и санацией занимались в последнюю очередь. Предприятия кредитовались на пополнение оборотных средств в рамках смет, зачастую утвержденных не на основе программ развития предприятий, а исходя из авторитарно определенного предела допустимых издержек.

Если в банк обращались клиенты с просьбой о финансировании, он требовал от них предоставить в качестве обеспечения по кредиту 100-процентный денежный депозит либо залог пакета акций предприятия, на которое у банка уже имелся покупатель. Естественно таких кредитов были единицы. Банки практически не вкладывали денег в реальный сектор.

Развитая система кредитования строительных проектов не только существенно расширяет доходную базу банков, но и стимулирует развитие строительной индустрии, которая косвенно оказывает положительное воздействие на активизацию инвестиционного процесса в стране в целом. Начало этого проекта было тем более актуально, что в конце 90-х годов страна начала переживать строительный бум (особенно на рынке жилищного строительства). В России формировался средний класс, который хотел и имел возможность улучшить

свои жилищные условия за счет заработанных средств. Кредитование коммерческой недвижимости – наиболее интересный вид кредитования с точки зрения разработки банками основных подходов к кредитным сделкам. Оработка методик и процедур кредитования коммерческой недвижимости позволяет банкам в дальнейшем использовать их при любых иных видах кредитования.

Особую актуальность реализации этого проекта придавал тот факт, что во второй половине 90-х годов в России начался процесс активизации малого и среднего бизнеса, была принята соответствующая федеральная программа. Развитие малого бизнеса наиболее активно шло в таких направлениях, как розничная торговля (магазины, АЗС, рынки), сфера питания (небольшие кафе), склады и т.п. То есть, всего того, что полностью попадает под определение коммерческой недвижимости в ее классическом понимании. Осознавая перспективы этих секторов российской экономики, банки проявляли к ним повышенный интерес и были прямо заинтересованы в получении квалифицированной технической помощи при создании и отработке методологии кредитных сделок и внутрибанковской кредитной документации.

За период с 2002-2004 гг. кредитные вложения российских банков в строительные проекты и в проекты, реализуемые на рынке коммерческой недвижимости, существенно возросли. «Альфа Банк» только за 2005 г. более чем в 20 раз увеличил объем средств, инвестированных в строительную отрасль.

Все больше субъектов делового сообщества обращают свое внимание на земельные участки как важнейший инвестиционный ресурс. Сегодня банковская система далеко не в полной мере готова к обслуживанию проектов, связанных с вовлечением земельных участков в экономический оборот. Понимая важность вовлечения земельных участков в экономический оборот.

За последние четыре года на российском банковском рынке произошли изменения, позволяющие говорить о стабилизации ситуации в банковской сфере. В том числе – на рынке кредитования строительных проектов, а также проектов, связанных с развитием коммерческой недвижимости. Сегодняшнюю ситуацию в банковском сообществе можно охарактеризовать следующим образом:

1 Некогда крупнейшие российские банки, такие как «МЕНАТЕП», «СБС-Агро», «ОНЭКСИМ-Банк», «Мосбизнесбанк», «Российский кредит», «Инкомбанк» и др., входившие с начала 90-х годов в банковскую элиту России, прекратили свою кредитную деятельность. Часть из них объявлена банкротами, другая предпринимает усилия по исправлению ситуации собственными силами, находясь в критическом состоянии.

2 Средние, а в особенности региональные, банки в результате кризиса оказались даже в выигрышном положении: поскольку основной упор в своей работе делали на обслуживании текущих клиентских операций и не занимались активной игрой на рынке ГКО, не участвовали в полулегальных схемах инвестиционных конкурсов и аукционов.

3 Мелкие банки работали в своих узких нишах. Часто это были банки одного-двух клиентов и имели слабую ресурсную базу. Большинство таких банков держали значительную часть свободных денежных средств в ГКО, некоторые, кроме этого, в условиях стабильного валютного курса, до кризиса, практиковали привлечение валютных пассивов с их последующей конвертацией в рубли и дальнейшим размещением в ГКО («Машбанк», «Юнибест» и др.) Естественно, кризис поставил многие из них в очень сложное положение.

Региональные средние банки существенно укрепили свои позиции на рынке за счет рухнувших системообразующих кредитно-финансовых институтов. «Банк Солидарность» (Самара) не только нарастил свою клиентскую базу во время кризиса за счет клиентов банка «МЕНАТЕП» и «Инкомбанка», но и стал стержнем крупного регионального холдинга. Банк «МЕНАТЕП-Спб», «Доверительный инвестиционный банк», «Роспромбанк», «НИКойл» существенно увеличили свою клиентскую базу, а в дальнейшем – собственный капитал. В течение короткого времени эти банки превратились в крупнейшие финансовые институты страны с мощной филиальной сетью и развитой технической базой. В то же время следует отметить существенные проблемы этой группы банков, основной из которых остался низкий уровень общего и финансового менеджмента. Получив богатое наследство от рухнувших банков (профессиональные команды специалистов, техническое оснащение, отработанные банковские технологии, клиентуру и т.п.), они не смогли в полной мере занять освободившуюся нишу. Банки переживают «болезнь роста»: у руководства быстро растущей финансовой структуры мировоззрение и подходы к решению управленческих вопросов остаются на

старом уровне. Система управления продолжает оставаться излишне централизованной. Возникающие из-за этого сбои приводят к еще более жесткой бюрократизации процесса, не давая возможности финансово-кредитным организациям развиваться дальше.

В условиях общей экономической нестабильности все большее число банков даже при кредитовании оборотного капитала своих клиентов стало требовать от клиентов залога ликвидных объектов недвижимости. Это связано с тем, что в условиях экономической нестабильности многие банки перестали рассматривать денежные потоки клиентов как достаточный источник обеспечения кредитов: возникла необходимость в дополнительных гарантиях возврата вложенных средств. Это обеспечение должно иметь четко прогнозируемую рыночную цену. Любые операции с ним четко регламентированы действующим законодательством. Коммерческая недвижимость идеально подходит для этих целей.

Сегодня практически все коммерческие банки используют коммерческую недвижимость в качестве обеспечения заемного финансирования. В значительной мере это обусловлено сокращением банковских операций на рынке ценных бумаг. Торговые предприятия перманентно нуждаются в средствах для покрытия кассовых разрывов. В силу этого кредитные договоры представляют собой соглашения о кредитных линиях, в качестве основного обеспечения по которым используется недвижимость. Каждый второй кредит, выданный предприятиям, предусматривает залог коммерческой недвижимости в качестве основного вида обеспечения.

Доля классических кредитов, выдаваемых на развитие коммерческой недвижимости, до последнего времени была весьма незначительна: в среднем она не превышала 5-10% от объема совокупного кредитного портфеля.

Активную политику на рынке коммерческой недвижимости сегодня проводят не более ста банков в стране. В первую очередь, это «Сбербанк России», имеющий значительные неснижаемые остатки по счетам, «Альфа-банк», банки, являющиеся центрами финансово-промышленных групп («Гута-Банк, «Солидарность» и др.). В значительной мере они кредитуют развитие коммерческой недвижимости в рамках программ развития ФПГ, в которые сами и входят, а также наиболее крупные региональные банки, которые стремятся устоять в конкурентной борьбе: КБ «Экспресс-Волга» (Саратов), Хабаровский филиал «Внешторгбанка» и др. «Сбербанк России», «Альфа Банк» и банки, входящие в ФПГ, кредитуют как строительство новой коммерческой недвижимости, так и ее реконструкцию. На долю этих банков приходится 90% всех кредитов, выданных на цели развития коммерческой недвижимости в ее классическом понимании.

До недавнего времени банки выдавали кредиты под залог объектов недвижимости на сроки от 3 до 36 месяцев. Номенклатура кредитов, которые выдавались банками под залог объектов недвижимости, имела следующий вид:

- 1 Кредитование оборотного капитала клиентов.
- 2 Кредитование на цели проведения капитального и текущего ремонта.

Строительство легковозводимых объектов с быстрой окупаемостью (оптово-розничные рынки, небольшие магазины, склады).

Эти проблемы являются только верхушкой айсберга и вопрос требует дальнейшей проработки.

## **КОНЦЕПЦИЯ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

ОАО «Иртышское пароходство»

**Ю.С. Чертовских**

Нестабильность маркетинговой среды в России, отсутствие правовой стабильности и защиты современных фирм предопределяет необходимость проведения маркетинговых исследований в условиях России, их научного обоснования, развития теории, методологии и методики организации маркетинговых исследований. В этой связи в статье проанализировано состояние маркетинговой концепции и предложена системная модель маркетинга на речном транспорте.

Обеспечение коммерческого успеха самым непосредственным образом зависит от глубокого и всестороннего изучения рынка и рыночных возможностей предоставляемых услуг.

Маркетинговая деятельность обеспечивает любой компании, стремящейся к устойчивому положению на рынке в целом, максимальную информацию об окружающей рыночной среде и позволяет выработать оптимальную производственно-сбытовую стратегию.

В связи с реформами общественной, политической и экономической жизни России в 1990-х годах произошло изменение методов управления экономикой на макро- и микроуровне. На транспорте в России стали активно внедрять новейшие западные технологии управления предприятиями, в том числе и концепцию маркетинга. Однако, в виду общей неразработанности транспортного маркетинга, отсутствия специалистов этот процесс затянулся до настоящего времени. Пока нет четкого функционального разграничения действий маркетинговых структур управления на многих видах транспорта. Это связано, главным образом, с различием структур управления на разных видах транспорта.

По мнению ученых некоторые элементы маркетинга использовались на отечественном транспорте и ранее, хотя это не называлось маркетингом. Так, на железнодорожном транспорте периодически проводилось обследование экономики регионов тяготения железных дорог, существовала система скидок и надбавок к тарифам, изучались грузо- и пассажиропотоки, проводилась оптимизация транспортно-экономических связей и планирование перевозок, разрабатывались и реализовывались отдельные мероприятия по повышению качества перевозок и транспортного обслуживания пользователей транспорта. На воздушном и морском транспорте, работающем в международном сообщении, использовались маркетинговые подходы к формированию тарифной политики, сервисном обслуживании клиентов. Однако эти элементы не носили системного характера, а общая политика централизованного планирования ограничивала инициативу хозяйствующих субъектов транспорта и развитие конкуренции на рынке транспортных услуг [3].

Существенным ограничением развития транспортной отрасли является дефицит транспортных ресурсов, начиная от низкого уровня развития инфраструктуры до отсутствия достаточного количества подвижного состава. Таким образом, в дореформенный период в стране сложилась ситуация, при которой спрос на транспортные услуги превышал предложение. За последнее десятилетие ситуация в значительной степени изменилась.

Переход к рыночным отношениям, резкий спад производства и платежеспособного спроса населения вызвали значительное снижение объемов перевозок грузов и пассажиров на всех видах транспорта. В свою очередь это привело к высвобождению огромного количества неиспользуемых производственных мощностей и ухудшению финансового состояния предприятий транспорта. В итоге их предложение стало превышать спрос на данные услуги. Следовательно, существенно возрос уровень конкуренции в этой сфере. Вместе с тем, эффективность работы организаций существенно снизилась.

Таким образом, очевидно, что деятельность предприятий, и в том числе, предприятий внутреннего водного транспорта, является неэффективной.

Решение проблемы повышения эффективности речных предприятий затрудняется сезонностью производства и оказания услуг, связанной с особенностями географического положения России. Опыт применения технических средств, в том числе ледокольного флота, для уменьшения влияния климатических факторов не дал положительных результатов. Поэтому необходимо искать пути совершенствования методов управления, которые позволили бы равномерно распределять поступления доходов от различных видов деятельности в течение года, например, на основе концепции маркетинга.

Нестабильность маркетинговой среды в России и правовой защиты современных фирм предопределяет необходимость проведения маркетинговых исследований, их научного обоснования, развития теории, методологии и методики организации маркетинговых исследований.

Изучение рыночной среды и производственных возможностей фирмы осуществляется посредством специально разработанных маркетинговых исследований.

Маркетинговые исследования в должном объеме не проводятся. В настоящее время формируется рынок транспортной продукции, появляются все новые судоходные компании. Идет борьба за рынок, который необходимо завоевывать. Ситуация требует вплотную подойти к вопросу изучения спроса и предложения на рынке транспортной продукции.

Исследуя спрос можно решить следующие задачи:

- оценить реальное состояние спроса;
- прогнозировать спрос;
- по возможности управлять спросом и стимулировать его;



– определить конкурентов [2].

Маркетинговые исследования и современные методы анализа позволяют предвидеть, учесть и оценить влияние почти всех внешних факторов, на которые предприятие транспорта влиять не может.

Анализ показал, что нет единой схемы маркетингового управления, как не существует единой универсальной формулы для организации хозяйственной деятельности. Конкретные формы и направления маркетинга значительно различаются в зависимости от рода деятельности предприятий, ее масштабов, особенностей хозяйственных подразделений и внешних условий, в которых она протекает. Транспортный маркетинг отличается от маркетинга других видов услуг и маркетинга промышленных потребительских товаров. Эти отличия определяются особенностями «производства и реализации» транспортной услуги (перевозки) и транспортного рынка вообще [1].

Предварительный анализ условий перевозок и конъюнктуры транспортного рынка позволяет сформулировать примерную систему целей деятельности предприятий речного транспорта при взаимодействии с грузо-владельцами и использовать следующие основные виды генеральной стратегии (способов достижения целей) – стратегию обновления, роста, рационализации и выживания.

Таким образом, системная модель маркетинга на речном транспорте должна включать взаимодействие на рынке перевозок и услуг субъектов хозяйствования, формирование системы целей, стратегии и тактики, оценку регулируемого потенциала, сегментацию рынка, приспособление технологии и способов перевозки, а также согласование спроса и предложения.

Управление маркетингом – это анализ, планирование, претворение в жизнь и контроль за проведением мероприятий, рассчитанных на установление, укрепление и поддержание выгодных обменов с целевыми покупателями ради достижения определенных задач организации [4].

Концепция маркетинга, как один из основных подходов, на основе которых предприятия ведут свою маркетинговую деятельность, является сравнительно новым подходом. В основе её принципа – ориентация на нужды и потребности клиентов, подкрепленная комплексными усилиями маркетинга.

Схематически концепцию можно представить в следующем виде (рисунок).

Согласно схеме маркетинговые исследования должны затрагивать не только внешние



Рисунок – Концепция маркетинга

рынки грузоотправителей, но и внутреннее состояние каждого предприятия и системы в целом. Внедрение же маркетинговой концепции должно быть поэтапным:

- исследование рынка и состояния предприятия;
- планирование и прогнозирование (кратко-, средне-, долгосрочное) на основании полученной информации;
- внедрение разработок, усовершенствование существующей системы и организация работы предприятия, согласно выработанной концепции маркетинга;
- текущий маркетинговый контроль.

Таким образом, управление маркетингом – это анализ, планирование, претворение в жизнь и контроль за проведением мероприятий, рассчитанных на установление, укрепление и поддержание выгодных взаимоотношений с клиентами ради достижения определенных задач организации, таких, как получение прибыли, рост объемов перевозки, увеличение доли рынка и т.п.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Основы маркетинга / Т.В. Алесинская [и др.]; под общ. ред. В.Е. Ланкина. -Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. -304 с.
- 2 Березин, И.С. Практика исследования рынков / И.С. Березин. -М.: Бератор-Пресс, 2003. -376 с.
- 3 Ковшова, М.М. Методические подходы к исследованию конкуренции на рынке грузовых перевозок / М.М. Ковшова // Железнодорож. трансп. -2004. -№5. -С. 62-65.
- 4 Котлер, Ф. Основы маркетинга: пер. с англ. / под общ. ред. Е.М. Пеньковой. -М.: Прогресс, 1993. -736 с.

## **ЗНАЧЕНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

ОАО «Иртышское пароходство»

**Т.Ф. Гриценко**

Рассмотрена проблема необходимости возрождения нормирования труда, проводится сравнение подхода к вопросам нормирования труда в условиях плановой и рыночной экономики, говорится о взаимосвязи нормирования труда с заработной платой, перечисляются принципы, на которых должна строиться практическая реализация концепции нормирования труда в современных условиях.

В настоящее время предприятиям предоставлена самостоятельность в установлении численности персонала, подборе кадров, выборе форм и систем оплаты труда, в решении вопросов организации нормирования труда, а также выборе методов и способов установления меры (нормы) труда и других задач в сфере труда и трудовых отношений.

Практика свидетельствует о недооценке роли нормирования труда как элемента управления экономическим, техническим и социально-правовым развитием предприятия (организации) любой формы собственности и структуры управления.

Действующая в России экономическая модель, перестав быть социалистической, пока не стала капиталистической (рыночной). В ней в полной мере не действуют ни законы плановой экономики, ни законы конкуренции. Для этой модели характерно возникновение весьма специфической связи между нормированием и оплатой труда.

При переходе к ней наблюдается колоссальный спад производства, в результате чего образовался излишек рабочей силы, в том числе и занятой на предприятиях водного транспорта.

Как элемент организации производства нормирование труда, конечно, нужно и в этой экономической модели. Но так уж получилось, что этот колоссальный спад производства, отбросил страну по уровню развития экономики на много лет назад. Между тем ни численность населения, ни численность работоспособных, ни численность занятых не может сократиться в такой же пропорции в силу законов природы и демографии. В результате образовался чрезмерный излишек рабочей силы, в т.ч. занятой. На многих предприятиях рабочие загружены наполовину и менее. В этих условиях просто нет потребности в тщательном

продумывании норм труда занятых работников. Когда все работают вполсилы, нормы оказываются ненужными, даже если они разработаны и могут быть применены [4].

Еще одним фактором, определяющим роль нормирования труда в современной экономической модели в России, является чрезмерно низкая заработная плата. Она не побуждает работодателя экономить труд посредством нормирования труда. В условиях дешевой рабочей силы нет необходимости тратиться на содержание службы по нормированию труда и наживать себе лишние трудности во взаимоотношениях с работниками. Проще платить вне связи с всякими условностями в соответствии со своей субъективной оценкой.

В рыночной экономике нет и не может быть заработной платы без нормирования труда. Труд за заработную плату – это, прежде всего, оценка фактических трудозатрат и результатов труда с позиций их соответствия нормам труда. Поэтому получившееся в реальной действительности в России пренебрежение вопросами нормирования труда не только тормозит (затрудняет) переход к рыночной экономике, не только является одним из препятствий перехода к ней, но и вообще уводит в сторону, создавая предпосылки для возникновения и укрепления нерыночных (хотя уже и не социалистических) моделей экономики; лишает отношения между работодателем и работником всякой объективной основы и не дает оснований считать любую заработную плату заслуженной.

Когда затраты на труд превратятся в значительную часть общих расходов, многие организации поймут, как важно обеспечить максимально эффективное использование трудовых ресурсов. Но способность организации выполнить эту задачу зависит от того, насколько точно будут рассчитаны и контролируемы затраты на труд.

Нормирование труда как органическая часть хозяйственного механизма отражает его достоинства и недостатки. В условиях функционирования затратной экономики и административно-командных методов управления предприятия не были заинтересованы в максимально эффективном использовании внутренних резервов и соответственно улучшении нормирования труда. Этому способствовали и основные положения действующей в народном хозяйстве системы организации нормирования труда и его оплаты, сформулированные более 70 лет назад и основанные на жесткой регламентации и разделении работ между исполнителями, строгом контроле за трудом, индивидуальной сдельной системе его поощрения.

Новый хозяйственный механизм сам по себе не может устранить накопленные за долгие годы недостатки в нормировании труда, а последствия затратной системы экономики будут проявляться еще длительное время.

Проведенный анализ состояния нормирования труда в народном хозяйстве показал, что для его коренного улучшения в настоящее время требуется не столько совершенствование методов нормирования, расширение нормативной базы, сколько устранение целого ряда проблем, сковывавших инициативу и творческую активность предприятий и трудовых коллективов в поиске и реализации резервов роста производительности труда.

Сегодня ушло в прошлое большинство элементов «общегосударственной системы нормирования труда: отчетность по «охвату нормированием», обязанность применения межотраслевых нормативов времени и т.д. Здесь со сторонниками «отмирания нормирования» можно согласиться. Однако роль норм как основы организации производства и повышения эффективности использования живого труда с расширением рыночных отношений возрастает.

В условиях плановой экономики основная задача состояла в том, чтобы внедрять утвержденные Госкомтруда и Министерствами межотраслевые и отраслевые нормативы, «единые» методики и инструкции по нормированию, «хорошо выглядеть» по статистической отчетности и обеспечить сложившийся уровень заработка.

В условиях рынка должно быть восстановлено естественное отношение к норме, как к инструменту повышения эффективности, основе плановых расчетов, организации оплаты труда. Предприятия должны использовать только те нормативы труда, которые им действительно необходимы в конкретных производственных условиях. В целом все это означает, что перестройка в нормировании, как и в других сферах, должна выражаться, прежде всего в возврате к здравому смыслу [3].

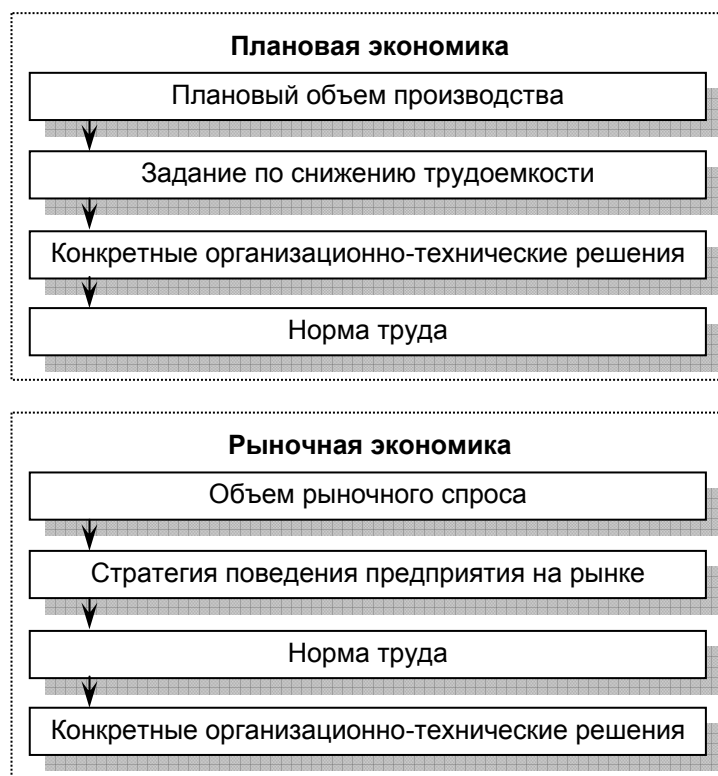
С учетом данных замечаний последовательность обоснования нормы труда в зависимости от типа экономики можно представить в виде схемы (рисунок).

Исходя из вышесказанного, необходимо выделить наиболее важные меры, которые должны быть приняты в обществе для преодоления современного отношения к нормирова-

нию труда. Общая направленность этих мер состоит в том, чтобы принудить работодателей к резкому улучшению постановки дела с нормированием труда. Прежде всего, нужно внести необходимые изменения в трудовое законодательство. В настоящее время в ТК РФ есть раздел, посвященный нормированию труда, содержащий пять статей (гл. 22, ст. 159-163) [1]. Однако если внимательно вчитаться в него, то можно понять, что он скорее направлен на то, чтобы даже в том виде, в котором сохранилось нормирование труда, его если и не устранить совсем, то сделать хуже. Прежде всего, в Кодексе нет требования об обязательности нормирования труда, тем самым допускается мысль (и практика), что можно платить, не имея норм труда. Более того, в обществе распространено заблуждение, что есть работы, где нормирование труда невозможно. Отсутствие в Кодексе требования об обязательности нормирования труда способствует тому, что это заблуждение не только не рассеивается, но, наоборот, закрепляется.

Второй важной мерой для изменения отношения к нормированию труда является резкий рост минимальных гарантий работникам в организации оплаты их труда. В настоящее время доля тарифной оплаты в зарплате работников внебюджетного сектора экономики составляет в среднем около 30%. Доведение ее до 70-75% с неизбежностью изменит отношение к нормированию труда. Для бюджетного сектора экономики изменение ситуации с нормированием труда упирается не в долю тарифа в зарплатке (она достаточно высока), а в низкий размер самих тарифных ставок. Важным рычагом повышения тарифных ставок в бюджетном секторе и повышения доли тарифной оплаты во внебюджетном секторе экономики может стать существенный рост минимальной заработной платы, установление ее сначала на уровне прожиточного минимума, а затем и выше. Рабочая сила должна стать не только по названию, но и по сути самым дорогим ресурсом. Это важнейшая предпосылка к тому, чтобы отношение к нормированию труда изменилось.

Итак, назрела существенная необходимость повышения требований к уровню организации и нормированию труда. Когда прибыль становится основным обобщающим показателем результата деятельности предприятия, возрастает значение всех видов норм и нормативов, в первую очередь, трудовых. Нормирование труда должно играть решающую роль в повышении производительности труда – важнейшего фактора снижения себестоимости продукции и роста прибыли [2].



*Рисунок – Последовательность обоснования нормы труда в условиях планового и рыночного механизма хозяйствования*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Трудовой кодекс Российской Федерации: по состоянию на 3 сент. 2007 г. -М.: Омега-Л, 2007. -269 с. -(Кодексы Российской Федерации).
- 2 Адамчук, В.В. Экономика и социология труда: учеб. для вузов / В.В. Адамчук, О.В. Ромашов, М.Е. Сорокина. -М.: ЮНИТИ, 2005. -407 с.
- 3 Бычин, В.Б. Организация и нормирование труда: учеб. для вузов / В.Б. Бычин, С.В. Малинин, Е.В. Шубенкова; под общ. ред. Ю.Г. Одегова. -М.: Экзамен, 2005. -464 с.
- 4 Яковлев, Р.А. Оплата труда в организации / Р.А. Яковлев. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: МЦФЭР, 2005. -528 с.

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ВАРИАНТОВ ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПОРТУ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**С.О. Антоненко**

Рассмотрены факторы, которые наряду с основными показателями, характеризующими работу морского порта как транспортного предприятия, влияют на выбор вариантов обработки транспортных средств.

Наряду с основными показателями, характеризующими работу морского порта как транспортного предприятия по объёму выполненной работы (грузооборот, пропускная способность) и финансовыми показателями (величина доходов, расходов и чистой прибыли), в планировании и оценке его производственной деятельности используются качественные показатели, отражающие затраты трудовых и технических ресурсов, уровень использования средств механизации, интенсивность обработки судов. Они в своей совокупности представляют экономические результаты производственной деятельности и, в первую очередь, уровень себестоимости перегрузки грузов.

Одним из таких показателей, характеризующим качественную сторону основной производственной деятельности порта, является коэффициент перевалки грузов.

Данный коэффициент представляет собой отношение количества тонно-операций к общему количеству перегруженного груза в физических тоннах за определённый период [1].

При перегрузке грузов по прямому варианту работ коэффициент перевалки достигает наименьшего значения, равного единице. Поэтому в организации перегрузочных работ необходимо стремиться к сокращению трудовых затрат путём уменьшения количества тонно-операций. С другой стороны, в силу, как правило, более низкой производительности технологических линий (ТЛ) при их работе по прямому варианту, в случае отказа от складского варианта работ не всегда является возможным соблюсти плановую интенсивность обработки судов и ж/д вагонов. Определение оптимального соотношения этих двух вариантов перегрузки груза является целью данной статьи.

Целесообразность (в ряде случаев и возможность) обработки транспортных средств с использованием прямого варианта работ зависит:

- от объёма и интенсивности поступления в порт грузопотока, в первую очередь по железнодорожному транспорту;
- от производительности и состава технологических линий при перегрузке данного груза по прямому и складскому вариантам;
- от наличия свободных трудовых и технических ресурсов порта;
- от наличия складской ёмкости для предварительной концентрации грузов;
- от развитости ж/д путей порта (от количества и протяжённости ж/д фронтов) и пропускной способности припортовой ж/д станции и подъездных а/м дорог;
- от характеристик имеющегося перегрузочного оборудования, причалов, грузовых фронтов, а так же конструктивных особенностей обрабатываемых судов;
- от размера эксплуатационных расходов порта при обработке судов по прямому и складскому вариантам;
- от размера штрафных санкций за обработку судов и вагонов сверх установленной нормы нахождения их в порту;
- от условий заключаемых портом договоров по перевалке грузов, в частности величины нормы бесплатного и ставки сверхнормативного хранения грузов на складах порта, а так же порядка оплаты грузовых работ (за каждую физико-тонну или за каждую тонно-операцию);
- от действующих законодательных правил на оформление прибывающих или убывающих грузов в порту и т. д.

Часть из вышеперечисленных факторов относится к маркетинговым и инвестиционным исследованиям, связанным с формированием плановых объёмов работ либо с выбором стратегии развития порта, что предусматривает рассмотрение альтернативных вариантов с различными объёмами работ и структурой грузопереработки. Другие относятся к задачам текущего, календарного и оперативного планирования, где заранее известен объём работ и

задача заключается в наиболее эффективном его освоении. При решении последних, в случае если доходы от освоения заданного объема работ, в различных альтернативных вариантах не изменяются, за критерий оптимальности принимается минимум затрат порта.

Ввиду того, что использование прямого варианта работ в значительной мере сокращает эксплуатационные расходы в портах, при определении значения коэффициента перевалки грузов находится вариант с наименьшими суммарными затратами порта. Для его нахождения будем использовать принцип наименьшей трудоёмкости переработки грузов при условии соблюдения нормативных сроков обработки транспортных средств.

В первую очередь, после отбора соответствующих схем работы ТЛ, имеет смысл произвести проверку эффективности использования прямого варианта работ. Для этого можно воспользоваться рядом имеющихся методик, в частности сравнением производительностей работы ТЛ по различным вариантам работ [2]. Согласно данной методике, если выполняется условие (1), то предпочтительней использование перевалки груза по прямому варианту работ, ввиду меньших трудозатрат, чем при складском варианте:

$$P_{\text{дм}}^{\text{суд-ск}} \leq P_{\text{дм}}^{\text{суд-ваг}} \times \left( 1 + \frac{P_{\text{дм}}^{\text{суд-ск}}}{P_{\text{дм}}^{\text{ск-ваг}}} \right), \quad (1)$$

где  $P_{\text{дм}}^{\text{суд-ск}}$ ,  $P_{\text{дм}}^{\text{суд-ваг}}$ ,  $P_{\text{дм}}^{\text{ск-ваг}}$  – суточная производительность ТЛ по вариантам судно-склад, судно-вагон и склад вагон соответственно.

Если работа ТЛ по прямому варианту является эффективной, то далее определяется количество груза, которое может быть обработано по этому варианту исходя из наличия вагонов и судов под соответствующие грузовые операции за планируемый оперативный период.

После этого, исходя из плановой интенсивности обработки судна или ж/д вагонов (в частном случае из плановой валовой нормы обработки судна или нормы обработки подачи вагонов), можно определить соответствующие интенсивности обработки транспортных средств по прямому и складскому вариантам работ, а так же, соответственно, концентрации ТЛ по вариантам «суд-ваг» и «суд-скл». Для этого можно воспользоваться методикой, описанной в [3], выразив общую интенсивность обработки судна (в частном случае валовую норму обработки судна) через параметры её прямой и складской составляющей вариантов работ, то есть:

$$M_{\text{в}} = \frac{M_{\text{сум}}^{\text{пр}} + M_{\text{сум}}^{\text{ск}}}{1,2},$$

где  $M_{\text{в}}$  – валовая норма обработки судна;

$M_{\text{сум}}^{\text{пр}}$ ,  $M_{\text{сум}}^{\text{ск}}$  – суточная интенсивность обработки судна по прямому и по складскому варианту соответственно;

1,2 – коэффициент разрыва валовых и чистых норм обработки судна.

Если учесть, что интенсивность обработки судна (вагонов) равна произведению концентрации ТЛ на их производительность, можно получить:

– при условии что  $Q_{\text{сум}}^{\text{ваг}} \geq 1,2 \times M_{\text{в}}$ :

$$n_{\text{тл}}^{\text{пр}} = \frac{1,2 \times M_{\text{в}}}{P_{\text{дм}}^{\text{пр}}}, \quad n_{\text{тл}}^{\text{ск}} = 0;$$

– при условии что  $Q_{\text{сум}}^{\text{ваг}} < 1,2 \times M_{\text{в}}$ :

$$n_{\text{тл}}^{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{сум}}^{\text{ваг}}}{P_{\text{дм}}^{\text{пр}}}, \quad n_{\text{тл}}^{\text{ск}} = \frac{1,2 \times M_{\text{в}} - P_{\text{дм}}^{\text{пр}} \times n_{\text{тл}}^{\text{пр}}}{n_{\text{тл}}^{\text{ск}}}.$$

где  $Q_{\text{сум}}^{\text{ваг}}$  – количество груза, которое можно обработать по прямому варианту исходя из наличия вагонов и судов под соответствующие грузовые операции;

$n_{\text{тл}}^{\text{пр}}$ ,  $n_{\text{тл}}^{\text{ск}}$  – концентрация ТЛ по прямому и по складскому варианту работ соответственно;

$P_{\text{дм}}^{\text{пр}}$ ,  $P_{\text{дм}}^{\text{ск}}$  – производительность ТЛ по прямому и по складскому варианту работ соответственно.

Зная концентрации ТЛ по вариантам работ, можно определить и соответствующие составляющие интенсивности обработки судна:

$$M_{\text{сут}}^{\text{пр}} = P_{\text{дм}}^{\text{пр}} \times n_{\text{тл}}^{\text{пр}}; \quad M_{\text{сут}}^{\text{ск}} = P_{\text{дм}}^{\text{ск}} \times n_{\text{тл}}^{\text{ск}}.$$

В случае, если имеются ограничения по концентрации ТЛ на объектах работ (исходя из характеристик грузового фронта, наличия перегрузочной техники, конструктивных особенностей судна и др.), то необходимо произвести корректировку доли складского и доли прямого вариантов работ в сторону увеличения первого и уменьшения второго. При этом общая концентрация ТЛ по вариантам работ принимается равной минимально возможной из имеющихся ограничений ( $n_{\text{тл}}^{\text{max}}$ ), то есть:

$$n_{\text{тл}}^{\text{пр}} = \frac{P_{\text{дм}}^{\text{ск}} \times n_{\text{тл}}^{\text{max}} - 1,2 \times M_{\text{е}}}{P_{\text{дм}}^{\text{ск}} - P_{\text{дм}}^{\text{пр}}};$$

$$n_{\text{тл}}^{\text{ск}} = n_{\text{тл}}^{\text{max}} - n_{\text{тл}}^{\text{пр}}.$$

Для определения доли прямого варианта можно взять отношение интенсивности обработки судна по прямому варианту работ к общей интенсивности. Тогда очевидно, что коэффициент перевалки ( $K_{\text{пер}}$ ) при планировании судовых работ будет определяться как:

$$K_{\text{пер}} = 2 - \frac{P_{\text{дм}}^{\text{пр}} \times n_{\text{тл}}^{\text{пр}}}{1,2 \times M_{\text{е}}}.$$

Полученное значение даёт оптимальную величину коэффициента перевалки грузов. Причём уменьшение данной величины приводит к снижению интенсивности обработки транспортных средств, а увеличение к большей трудоёмкости перегрузки груза. При определении величины  $K_{\text{пер}}$  необходимо учитывать следующие ограничения:

$$\frac{1,2 \times M_{\text{сут}}^{\text{общ}}}{P_{\text{дм}}^{\text{ск}}} \leq n_{\text{тл}}^{\text{общ}} \leq \frac{1,2 \times M_{\text{сут}}^{\text{общ}}}{P_{\text{дм}}^{\text{пр}}},$$

или

$$\frac{P_{\text{дм}}^{\text{пр}} \times n_{\text{тл}}^{\text{общ}}}{1,2} \leq M_{\text{сут}}^{\text{общ}} \leq \frac{P_{\text{дм}}^{\text{ск}} \times n_{\text{тл}}^{\text{общ}}}{1,2}.$$

где  $M_{\text{сут}}^{\text{общ}}$  – общая интенсивность обработки судна (в частном случае равна  $M_{\text{е}}$ );

$n_{\text{тл}}^{\text{общ}}$  – общая концентрация ТЛ на обработке судна (в частном случае равна  $n_{\text{тл}}^{\text{max}}$ ).

Исходя из второго условия следует, что при заранее известных величинах концентрации ТЛ на обработке судна и их производительности по прямому и складскому вариантам работ, можно определить наименьшую и наибольшую возможную величину интенсивности обработки судна. Из другого условия видно, что при заранее известных величинах интенсивности обработки судна и их производительности ТЛ по прямому и складскому вариантам работ, можно определить наименьшую и наибольшую возможную величину концентрации ТЛ. Для того, что бы представить эти зависимости в более наглядном виде, выразим отношение суточных производительностей ТЛ по прямому и складскому вариантам через соответствующий коэффициент ( $K_{\text{пер}}$ ). Тогда:

$$K_{\text{пер}} = 2 - \frac{P_{\text{дм}}^{\text{пр}} \times n_{\text{тл}}^{\text{общ}} - 1,2 \times M_{\text{сут}}^{\text{общ}} \times K_{\text{пр}}}{1,2 \times M_{\text{сут}}^{\text{общ}} \times (1 - K_{\text{пр}})}.$$

Из данного выражения видно, что увеличение интенсивности обработки судна и увеличение соотношения производительностей ТЛ между прямым и складским вариантом работ приводит к увеличению коэффициента перевалки, а увеличение концентрации ТЛ к его снижению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ветренко, Л.Д. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах / Л.Д. Ветренко, В.З. Ананьина, А.В. Степанец. -М.: Транспорт, 1989. -270 с.
- 2 Степанец, А.В. Оптимальное оперативное управление работой морского порта / А.В. Степанец. -Владивосток: Интермор, 1999. -188 с.
- 3 Фролов, А.С. Организация, планирование и технология перегрузочных работ в морских портах / А.С. Фролов, П.В. Кузьмин, А.В. Степанец. -М., 1979. -408 с.

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЧАЛОВ ПОРТА**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**И.А. Степанец**

К особенностям постановки относятся: формирование групп причалов одинакового технологического профиля, выравнивание загрузки причального фронта внутри групп причалов и между группами причалов с учетом возможного изменения специализации причалов. Приведена целевая функция, ограничения и основные соотношения математической модели решения задачи. Проведен анализ модели и указан путь решения задачи.

Содержательная (эксплуатационная) постановка задачи выглядит следующим образом: порт располагает совокупностью причалов, объединяющихся (условно) в группы одинаковой специализации или одного технологического профиля, характеризующегося используемыми схемами механизации, наличием открытой и закрытой складской площади, способами складирования и т.п.

В порт планируется поступление грузопотока, складывающегося из грузов различного технологического профиля, под которым понимается требования к технологии перегрузки груза (грузозахватные приспособления, технологические схемы, подъемно-транспортные машины), определяемый физико-химическими свойствами груза.

Вследствие динамики грузооборота возможна неравномерная загруженность причалов одного технологического профиля, а также перегруженность причалов одного технологического профиля при недостаточной загруженности причалов другого технологического профиля, что предопределяет необходимость правильного распределения грузооборота между группами причалов одного технологического профиля при необходимости учитывать возможность изменения технологического профиля ряда причалов с целью приведения в соответствие специализации причального фронта и структуры грузооборота.

Изменение технологического профиля причала требует определенных затрат, которые могут быть реализованы в текущем периоде (приобретение средств малой механизации, приобретение технологической оснастки, покрытие территории, установка подпорных стенок и т.п.). Каждый вариант изменения технологического профиля характеризуется соответствующей величиной затрат.

В практике работы портов задача эпизодически решается в крупных портах в основном эмпирическими методами с выполнением несложных расчетов. В теоретическом аспекте задача рассматривается и разрабатывается впервые.

В процессе перераспределения грузопотоков одного технологического профиля между группами причалов каждый вариант отличается числом причалов, приходящийся на отдельный грузопоток, а соответственно (при неизменном объеме грузооборота) различной величиной простоев судов (и смежных видов транспорта) в ожидании обработки [1]. Следовательно при изменении числа причалов для соответствующей группы грузов изменяется время нахождения судна (и смежных видов транспорта) в порту, т.е. затраты по содержанию порта и оборотные средства, заключенные в грузах. Затраты по причальному фронту для любого варианта грузооборота остаются постоянными, кроме затрат на изменение технологического профиля причалов в пределах возможного в процессе текущего периода.

Таким образом, для заданного объема грузооборота с разделением по группам грузов различного технологического профиля и установленной специализации причалов (технологический профиль), наличия ограничений по возможности изменения технологического профиля причалов, требуется определить оптимальный вариант закрепления грузопотоков за группами причалов с учетом изменения их технологического профиля, чтобы обеспечить минимум затрат по транспортному комплексу.

Ограничениями на решение задачи являются:

- соответствие расчетного числа причалов их фактическому наличию в порту при различных сочетаниях;
- соответствие расчетных грузопотоков их плановому значению;
- возможность изменения специализации причалов.

Такой постановке соответствует экономико-математическая модель, имеющая обобщенную целевую функцию:



$$S = \sum_{f \in F} \left[ S_f^\phi(\{N_{nf}\}) + S_f^{2p}(\{N_{nf}\}) + S_f^b(\{N_{nf}\}) + S_f^{ab}(\{N_{nf}\}) + \sum_{i \in F^{ncF}} \sum_{l \in F^{HcF}} \varphi_{ie} C_{ie} X_{ie} + \sum_{L \in F^{HcF}} Q_L C_{l-f} \varphi_{ie} X_{ie} \right] \rightarrow \min.$$

При ограничениях:

1 По количеству взаимозаменяемых причалов:

$$\sum_{f \in F} N_{nf} = \sum_{f \in F} N_{nf}^\phi,$$

для  $f = l$ , у которых  $\sum_{i \in F^u} \varphi_{ie} > 0$ .

2 По количеству узкоспециализированных причалов:

$$N_{nf} = N_{nf}^\phi,$$

для  $f = i$ , у которых  $\sum_{i \in F^u} \varphi_{ie} = 0$ .

3 По числу недостающих причалов:

$$\sum_{f \in F^H} \Delta N_{nf} \leq \sum_{f \in F^H} \Delta N_{nf}.$$

4 По числу переоборудованных причалов:

$$\sum_{i \in F^H} X_{ie} \leq \Delta N_{ni}; \quad \sum_{i \in F^H} X_{ie} = \Delta N_{ne}.$$

5 По целочисленности неизвестных:

$$\{X_{11}; X_{12}; \dots; X_{ie}; \dots; X_{FF}\} = [0, 1, 2, 3, \dots, n].$$

6 По неотрицательности неизвестных:

$$\{X_{ie}\} \geq 0.$$

Для описания целевой функции и ограничений используются соотношения:

1 По возможности переоборудования причала с  $e$ -го технологического профиля на  $i$ -й:

$$\varphi_{ie} = \begin{cases} 1 - \text{переоборудование возможно;} \\ 0 - \text{в противном случае.} \end{cases}$$

2 По величине затрат на переоборудование причала с  $i$ -го технологического профиля на  $e$ -ый:

$$C_{ie} = 0 \text{ при } i = e; \quad C_{ie} > 0 \text{ при } i \neq e.$$

3 По количеству причалов:

$$\sum_{f \in F} N_{nf}^\phi = N_n; \quad \sum_{f \in F} N_{nf} = N_n.$$

4 По количеству груза, прошедшего через причалы порта:

$$\sum_{f \in F} Q_f = Q.$$

5 По порядку формирования подмножества групп грузов с избытком и недостатком по числу причалов:

$$\begin{aligned} i \in F^{HcF} \text{ для } f, \text{ у которых } \Delta N_{nf} > 0; \\ e \in F^{HcF} \text{ для } f, \text{ у которых } \Delta N_{nf} < 0. \end{aligned}$$

В математической модели использованы следующие условные обозначения:

$S_f^\phi$  – затраты по флоту, занятому на перевозках совокупности грузов  $f$ -й группы, за время стоянки его в порту, руб.;

$S_f^{2p}$  – оборотные средства, заключенные в грузах  $f$ -й группы за время нахождения их в порту, руб.;

$S_f^e$  – затраты по вагонам, занятым на перевозке грузов  $f$ -й группы, за время нахождения их в порту, руб.;

$S_f^{ae}$  – затраты по автотранспорту, занятому на перевозке грузов  $f$ -й группы, за время нахождения его в порту, руб.;

$N_n$  – общее количество причалов в порту;

$\varphi_{ie}$  – коэффициент, характеризующий возможность изменения специализации прича-

- лов с  $i$ -ой на  $e$ -ую;
- $C_{ie}$  – затраты на переоборудование причалов с  $i$ -ой специализации на  $e$ -ую, руб.;
- $X_{ie}$  – число причалов, которое необходимо переоборудовать с  $i$ -ой специализации на  $e$ -ую;
- $N_{nf}$  – расчетное число причалов, на которых планируется переработка грузов группы  $f$ -го технологического профиля;
- $F^I$  – подмножество групп грузов в порту, по которым имеется избыток по числу причалов (в подмножество объединяются все группы грузов, для которых  $\Delta N_{nf} > 0$ );
- $F^H$  – подмножество групп грузов в порту, по которым имеется недостаток по числу причалов (в подмножество объединяются группы грузов, для которых  $\Delta N_{nf} < 0$ );
- $\Delta N_{nf}$  – резерв (недостаток) по числу причалов, используемых для переработки грузов группы  $f$ -го технологического профиля;
- $\Delta N_{ni}, \Delta N_{ne}$  – резерв (недостаток) по числу причалов с  $i$ -ой и  $e$ -ой специализацией (технологическим профилем) соответственно;
- $N_{nf}$  – фактическое число причалов в порту, на которых перегружаются грузы  $f$ -го технологического профиля;
- $i$  – индекс группы грузов, по которой имеется избыток по числу причалов;
- $e$  – индекс группы грузов, по которой имеется недостаток по числу причалов;
- $f$  – индекс группы грузов одного технологического профиля, ( $f = 1, 2, \dots, F$ );
- $F$  – множество групп грузов, в каждую из которых входят грузы одного технологического профиля, проходящие через порт;
- $Q_f$  – количество груза  $f$ -ой группы, проходящее через порт;
- $C_{e-f}$  – эксплуатационные расходы (за вычетом затрат по портовым рабочим) при перегрузке грузов  $f$ -го технологического профиля на переоборудованном причале, руб./т.

Анализ модели целевой функции экономико-математической, ее ограничений и соотношений показывает, что в целевой функции представлены задачи двух уровней:

- оптимальное закрепление грузопотоков за причалами;
- определение оптимального плана переоборудования причалов порта.

При этом сложная дискретная взаимосвязь между задачами двух уровней предопределяет использование для поиска оптимального решения комбинированного метода, являющегося алгоритмической разновидностью метода возможных направлений в сочетании со стандартным методом решения целочисленной задачи линейного программирования [2-4]. С помощью эвристического метода определяется оптимальный вариант закрепления грузопотоков за всей совокупностью причалов в порту, а с помощью метода линейного программирования – оптимальный план изменения технологического профиля (переспециализации) причалов порта и перераспределение их между группами причалов.

Результатами решения задачи являются:

- план распределения причалов по группам технологических профилей;
- план изменения технологического профиля причалов, используемых для подготовки к освоению грузооборота порта;
- оптимальные значения занятости причалов одного технологического профиля  $\{a_{занf}\}$

по группам причалов.

В сочетании с планом распределения причалов по группам технологических профилей эти значения используются для решения задачи оптимального закрепления грузопотоков за причалами и ППК порта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Степанец, И.А. Морской торговый порт – система массового обслуживания / И.А. Степанец, А.В. Стариковская // Актуальные проблемы управления и экономики на транспорте: сб. материалов третьей науч.-практ. конф. 19 мая 2005 г. / Морской гос. ун-т. -Владивосток, 2005. -С. 68–70.

2 Михалевич, В.С. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов / В.С. Михалевич, В.И. Кукса. -М.: Наука, 1983. - 208 с.

3 Силич, В.А. Декомпозиционные алгоритмы построения моделей сложных систем / В.А. Силич. -Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1982. -135 с.

4 Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау. -М.: Мир, 1975. -224 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА (ПХК) В СТРУКТУРЕ ДЦУП

Сибирский государственный университет путей сообщения

А.Н. Рожков

Наиболее важным моментом в управлении перевозочным процессом на железнодорожного транспорта является постоянная физическая способность диспетчера успевать принимать управленческие решения и контролировать всю работу предприятий и станций обслуживаемого полигона (участка) железной дороги, в ограниченном промежутке времени.

Рассматривая систему управления перевозками как всеобщее средство организации производства с точки зрения теории систем, необходимо рассматривать ее как составную часть общей системы управления, взаимодействующую с другими системами (организационной, технической, экономической, социальной, политической и т.д.) и подсистемами производственно-хозяйственного комплекса (далее ПХК).

Известно, что в перевозочном комплексе железной дороги объединены следующие основные виды организационной деятельности.

Место и роль организации труда среди многомерности этих систем и подсистем представлены рисунок 1.

Перевозочно-хозяйственный комплекс, как трехмерная производственная система характеризуются взаимопроникновением технической, технологической, организационной, экономической и социальных систем, наличием у них общих структурных областей и элементов управления.

Перевозочный комплекс железной дороги необходимо рассматривать, как составную часть общей системы управления, взаимодействующую с другими системами (организационной, технологической, экономической, и подсистемами производственно-хозяйственного комплекса железной дороги).

Технологическая целесообразность рассматриваемого варианта состоит в том, что при всей важности производственного фактора необходимо четко понимать, что для того чтобы управление перевозочным комплексом было эффективным, необходимо соблюдать следующие принципы организационной стратегии: какие организационные принципы сделать приоритетными. Например: специализация и унификация распоряжений должны стать главными при выборе организационной формы управления перевозками.

Их и можно принять в качестве методических исходных положений для систематизации конкретных целей, стоящих перед трудовыми коллективами.

Таким образом, перед системой управления перевозочным комплексом, как субъектом транспортного рынка, ставится двуединая задача: с одной стороны, устанавливать и обеспечивать рациональные связи посредством их регламентации, контроля и регулирования, а

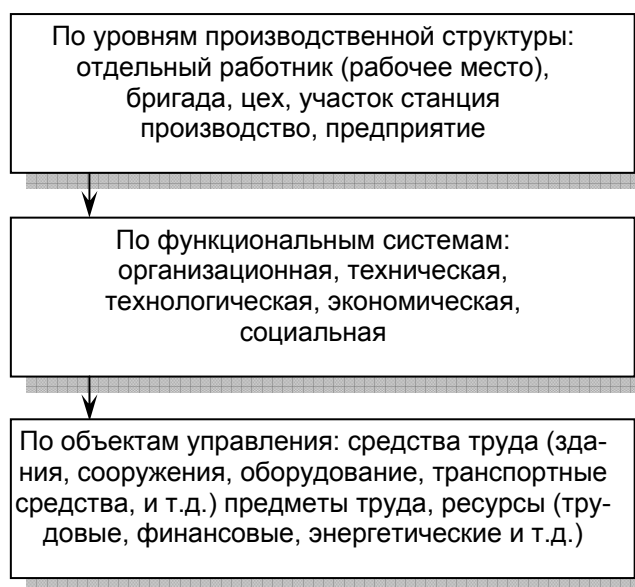


Рисунок 1 – Роль организации труда среди многомерности систем

с другой – создавать все необходимые организационно-технические и социально-экономические условия для позитивного развития структуры и технологии управления.

Интенсификация перевозочного процесса и усиление взаимозависимости между звеньями производственной системы, с одной стороны, требуют, чтобы управленческие решения принимались диспетчерским аппаратом гораздо быстрее, чтобы они были в максимальной степени безошибочными, и принимались на следующих принципах, обозначенных на рисунке 2 с соизмерением «цены времени» и «цены» его ошибок.

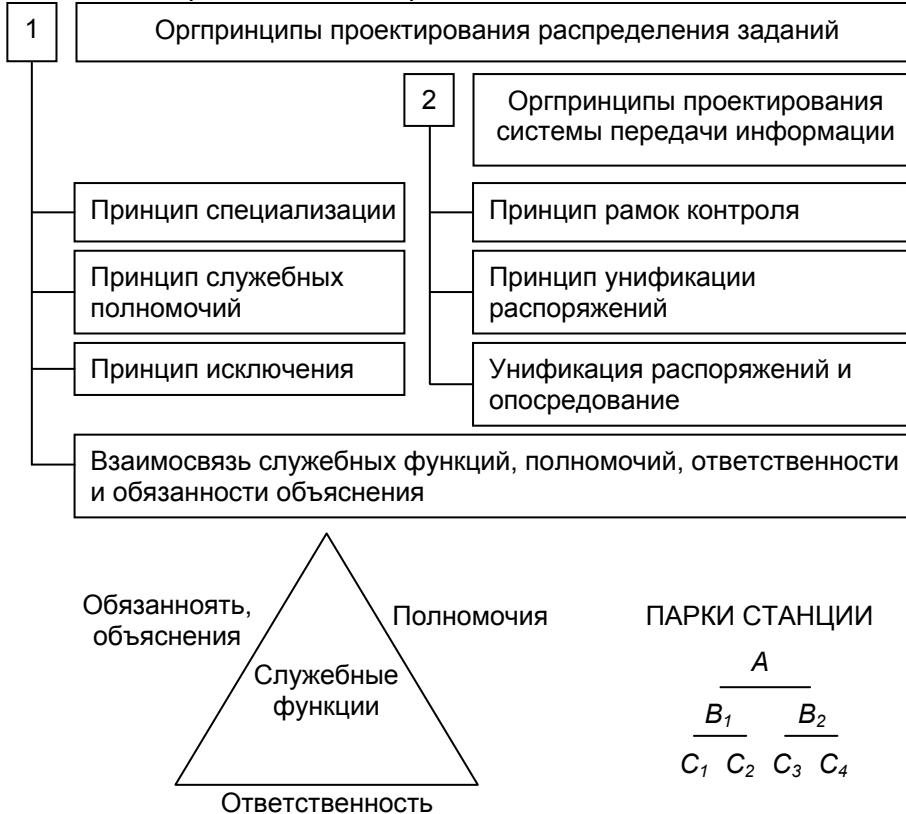


Рисунок 2 – Технологические принципы управления ПХК

принципы

Широкие перспективы по дальнейшей рационализации управления перевозками, по убеждению руководителей железнодорожного транспорта эффективное использование трудовых ресурсов с помощью автоматизации рутинных операций диспетчеров за счет применения новейших технических средств диспетчеризации, реализующих с помощью ЭВМ в автоматическом режиме функции: трансляции номеров поездов, построения графиков движения и приложения к ним, прогнозирования хода технологического процесса перевозок и т.д..

Но для обеспечения эффективного функционирования предлагаемой автором системой необходимо создание информационно-технологической модели (базы), адекватно отражающей ход технологического процесса. Формирование оперативной части информационной базы возлагается на телемеханические системы сбора, передачи, обработки и отображения данных.

Миссия такой организации как ДЦУП состоит из следующих функций управления производственной системой, посредством решения основных задач, а именно:

- 1) установление наиболее рациональных связей между элементами системы путем соответствующего расположения их в пространстве и обеспечения взаимодействия во времени;
- 2) обеспечение бесперебойности связей при помощи рациональных способов их регламентации, контроля и регулирования;
- 3) изучение мотивов поведения диспетчера в производственной среде и установление на этой основе экономических и социальных связей, обеспечивающих согласование его личных интересов с интересами трудового коллектива и целями системы в целом;
- 4) создание необходимых организационно-технических и социально-экономических условий для позитивной самоорганизации элементов производственной системы;
- 5) непрерывное организационно-технологическое совершенствование производственной системы с целью повышения ее эффективности.

Эффективность функционирования перевозочного комплекса (ПХК) в структуре ДЦУП зависит от правильности выбора специалиста управленца, позволяющего в коротком промежутке времени принять верное решение. В управлении перевозочным комплексом такая роль отведена поезвному диспетчеру. Одно из наиболее важных условий сокращения затрат времени и сил при поиске решения – умение правильно выбрать метод поиска в приня-

тии решений. За время существования теории принятия решений разработан ряд методов для наиболее часто встречающихся задач. Почти любая ситуация может быть отнесена к тому или иному классу, надо лишь знать их характерные признаки.

В настоящее время отсутствует универсальная классификация задач принятия решений, но во многих научных изданиях, посвященных этим вопросам, фигурируют следующие классификационные признаки:

- число лиц, принимающих решение;
- вид показателя эффективности (скалярный или векторный);
- степень определенности информации о системе;
- зависимость характеристик системы от времени (статические и динамические).

**Как оценить труд ДНЦ или ДСП, который в конечном итоге оборачивается прибылью или убытком для железной дороги в целом?**

У них однозначного материального предмета труда нет, хотя каждому из них приходится работать и с технологическими процессами, и с плановыми документами, а так же со всеми заинтересованными группами в функционировании участка железной дороги.

Специалисты считают, что диспетчеры работают с большим нервным напряжением, так как незначительные отклонения от графика, непредвиденные помехи, ошибки, технические неполадки и т.д. могут вызвать аварийные ситуации. Их рабочие смены предельно уплотнены. Количество операций по приему и передаче информации, число переключении с одного вида деятельности на другой составляет в среднем 150-1800 за смену. Поездные диспетчеры одновременно выполняют несколько операций.

Различные сложности труда объясняются условиями выполнения эксплуатационной работы, главными из которых являются: однопутные и двухпутные линии, количество пар поездов (эти факторы учитываются при распределении участков по категориям), степень использования наличной пропускной способности участков, наличие вариантов пропуска поездов в нестандартных ситуациях и т.д.).

Весь комплекс трудового процесса поездного диспетчера делится на группы и на каждую из них необходимо построение локальной сетевой модели. Целесообразно описывать локальной сетевой моделью комплекс работ, выполняемый группой поездных диспетчеров. Учитывая специфику каждого поездоучастка (количество путей, средства связи, количество станций, системы управления ДЦ, ГИД и т.д.).

Технология работы поездного диспетчера состоит в основном из операций принятия решений с помощью ЭВМ. Зависимость продуктивности, работоспособности и утомления от периода рабочего процесса приведена на рисунке 3.

В начале рабочей смены происходит настройка всех рабочих систем организма, в результате чего несколько увеличиваются его максимальные возможности и в большинстве случаев нарастает производительность (рисунок 3). В период полной компенсации появляется утомление, несколько снижаются максимальные возможности организма, однако производительность труда сохраняется волевым усилием.

В период неустойчивой компенсации утомление нарастает, уровень максимальных возможностей продолжает снижаться. Интенсивность волевого напряжения колеблется. В этот период продолжать работу противопоказано из-за возможности перехода утомления в переутомление и снижения надежности работника в системе «человек-машина».

Период устойчивого снижения производительности – усиливающееся утомление на-

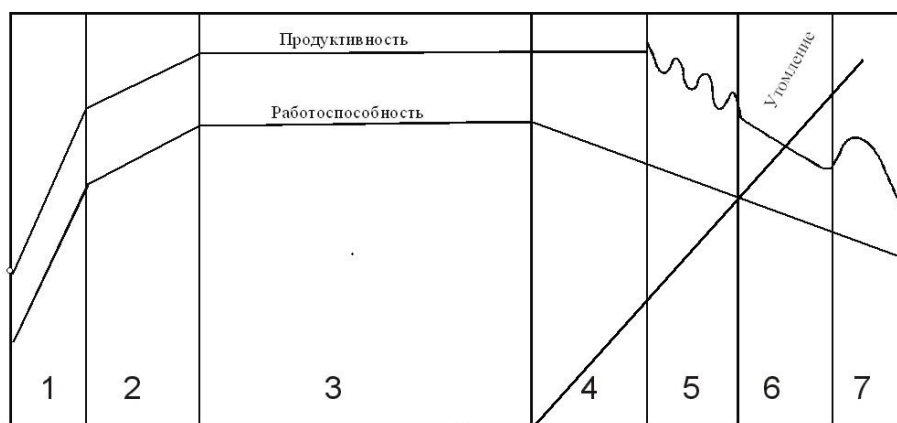


Рисунок 3 – Графическая модель «работоспособности» диспетчера: 1-экстренное вратывание; 2-точное вратывание; 3-устойчивая работоспособность; 4-полная компенсация утомления; 5-неустойчивая компенсация; 6-падение продуктивности; 7-«конечный порыв»

столько снижает максимальные возможности, что волевым усилием человек не в состоянии сохранять заданный уровень производительности даже на короткий интервал времени.

При работе с ЭВМ изменяются показатели работы мозга. Изменение работы мозговой активности при непрерывной работе в течение 2 ч приведены на рисунке 4 (по данным Минздрава).

Освоение новой технологии, является сложным и ответственным моментом для каждого предприятия, так как в этот период происходят существенные изменения организационно-технических условий производства при одновременном совершенствовании методов и приемов выполнения работ, формирование специализированных производственных навыков у работников.

Соблюдение эргономических требований, позволит избежать множества проблем, характерных для работы с вычислительной техникой, в частности повышения зрительного напряжения при работе с ЭВМ. Оно обусловлено целым рядом неблагоприятных факторов: постоянной переадаптации глаз в условиях наличия в поле зрения поверхностей различной яркости, приспособлением к различию разноудаленных объектов, недостаточной четкости и контрастности изображения на экране, строчностью его структуры, плохим качеством исходного материала, используемого в режиме ввода данных.

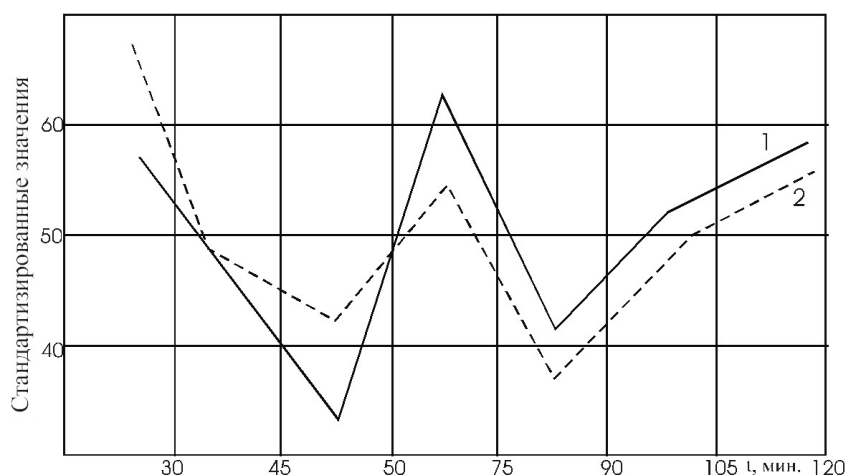


Рисунок 4 – Изменение работы мозговой активности при непрерывной работе в течение 2 ч: 1-работоспособность; 2-трудовая активность

На основе многократных экспериментальных наблюдений автора в процессе исследований установлено, что наиболее приемлемое среднее число информационных связей ДНЦ и ДСП, при котором он не испытывают заметной перегрузки, находится в пределах от 340 до 1000. Разброс зависит в основном от структуры информационных связей, а она оказывает главное влияние на трудоемкость управления движением поездов.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ УЧЕТА НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАНСФЕРТНЫХ ЦЕН НА ПРОДУКЦИЮ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «РЖД»

Сибирский государственный университет путей сообщения

Е.Ю. Никитина, М.О. Северова

Одним из условий повышения конкурентоспособности железнодорожных предприятий, выделяющихся в конкурентную среду, является научно-обоснованное планирование и учет затрат, а также совершенствование методов калькуляции себестоимости производимой продукции. В расходах, связанных с ремонтом подвижного состава, удельный вес косвенных затрат весьма значителен, что предопределяет необходимость совершенствования методики их распределения по видам ремонта.

В настоящее время в локомотивном и вагонном хозяйствах идет разделение предприятий на ремонтные и эксплуатационные, что предопределяет необходимость выработки новых подходов к организации производственной деятельности и системе учета затрат с детализацией по местам их возникновения, видам работ и калькуляционным единицам.

Экономические связи между дочерними предприятиями, филиалами, подразделениями

с высокой степенью внутренней зависимости могут строиться на использовании во взаиморасчетах трансфертных цен.

Для данной сферы деятельности наиболее приемлемым, по нашему мнению, является метод формирования трансфертной цены на базе полной себестоимости. В связи с этим вопросы научно-обоснованного учета затрат и совершенствование расчетов себестоимости выполняемых работ и услуг становятся все более актуальными.

По сути, организация производства в ремонтных локомотивных и вагонных депо в условиях холдинга будет являться промышленным производством. Прогнозирование доходов предприятий будет основываться на предполагаемых объемах работы и прогнозных ценах на каждый вид работ и услуг, что потребует усиления анализа и контроля затрат предприятия, а также совершенствования существующей методики калькулирования себестоимости ремонта вагонов и локомотивов.

Особого внимания заслуживает вопрос распределения накладных расходов при расчете себестоимости выполненных работ и услуг. В рамках решения данного вопроса возникает задачи распределения указанных затрат по видам деятельности и выбора измерителя для распределения.

Необходимо отметить, что не все предприятия локомотивного хозяйства специализированы в настоящее время по видам деятельности. В локомотивных депо, в которых осуществляется и ремонтная и эксплуатационная деятельность, при определении себестоимости выполняемых работ накладные расходы разделяют сначала по видам деятельности, значительно занижая величину затрат, относимых на ремонт локомотивов. Это связано с тем, что в составе накладных расходов учитывают затраты, которые связаны в основном с ремонтом локомотивов, а при распределении, часть их искусственно относится на эксплуатационную деятельность путем распределения по фонду оплаты труда. Это в свою очередь приводит к занижению себестоимости ремонтов.

В локомотивных депо, которые специализируются только на ремонтной деятельности величина накладных расходов значительно выше (достигает 60 % от общей суммы), чем в эксплуатационных предприятиях, так как здесь учитываются затраты на обслуживание, ремонт, амортизацию станков и оборудования, которые участвуют только в ремонтном производстве. В эксплуатационном локомотивном депо сосредоточены в основном прямые затраты (это заработная плата локомотивных бригад и расходы на топливо и электроэнергию для тяги поездов) и доля накладных расходов составляет менее 10% в общей сумме. Таким образом, себестоимость ремонта локомотивов в специализированном ремонтном депо может получиться значительно выше, чем в депо со смешанным характером работы, что мешает объективной оценке при выборе наиболее конкурентных предприятий.

Сказанное выше, обуславливает необходимость совершенствования методики распределения косвенных расходов для предприятий, занимающихся ремонтом подвижного состава.

Как известно, прямые издержки могут быть отслезены до каждой целевой затраты (единицы калькуляции), и, наоборот, косвенные издержки не могут быть непосредственно доведены до каждой целевой затраты и распределяются между ними. Это требует использования опосредованных косвенных измерителей, то есть базы распределения. Выделяют два вида распределения косвенных расходов: причинно-следственное, когда база распределения влияет на величину затрат и – условное, когда база менее значима.

Примером условного распределения может быть использование базы – оплата труда или часы работы основного производственного персонала, на основании которой чаще всего и распределяются косвенные расходы.

Отнесение косвенных затрат по целевым может осуществляться на основании традиционных и функциональных систем распределения. За рубежом функциональные системы используются довольно широко, в России большинство предприятий, как и предприятия, входящие в состав ОАО «РЖД» пользуются традиционной системой. Функциональные системы основаны на причинно-следственном распределении расходов, а традиционные - в основном на условном.

Традиционные и функциональные системы различаются уровнем сложности, первые тяготеют к излишней упрощенности и относительно дешевы, вторые излишне сложны, но имеют значительно больший уровень точности. Выбор оптимальной системы зависит от финансовой возможности предприятия и целей распределения расходов.

Для составления внешней финансовой отчетности вполне достаточно использование

традиционной системы, для принятия управленческих решений необходимо более точное измерение ресурсов, приходящихся на единицу продукции. Неточность в определении себестоимости вызывает опасность того, что предприятие может отказаться от рентабельных видов продукции и заниматься выпуском убыточных, а также устанавливать расчетную цену сторонним организациям ниже себестоимости.

Считают, что для предприятий, выпускающих достаточно однотипную продукцию, имеющих относительно небольшой удельный вес косвенных затрат и потребляющих организационные ресурсы в одинаковых пропорциях может быть использована традиционная система распределения затрат, которая не приведет к значительной ошибке при расчете себестоимости продукции. Для предприятий, где высокая доля косвенных издержек и нет одинаковых пропорций в использовании организационных ресурсов, предпочтительнее является функциональная система или что-то среднее между этими системами, так как необходимая точность при распределении больших величин накладных затрат требует более сложных систем учета.

Необходимо отметить, что даже в рамках традиционной системы распределения затрат можно найти решения, позволяющие более точно отнести косвенные издержки. Одним из таких инструментов – является применение двухэтапного разделения косвенных затрат и использование не единой, а множественной базы распределения.

Анализируя калькуляции, составляемые в структурных подразделениях ОАО «РЖД», необходимо отметить, что чаще всего для учета косвенных затрат применяется единая ставка накладных расходов (в процентах к фонду оплаты труда производственных рабочих). Применение такой ставки может быть оправдано в том случае, если все цеха предприятия потребляют накладные расходы приблизительно в одинаковой пропорции или продукция проходит все цеха и обрабатывается в каждом цехе приблизительно одинаковое время. Рассматривая ремонтное производство подвижного состава можно сказать, что ни первому, ни второму условию оно не удовлетворяет. Большая часть цехов специализирована на определенном виде ремонта или типах подвижного состава, а значит, накладные общецеховые расходы по разным цехам могут значительно отличаться в своем относительном значении к фонду оплаты труда или прямым расходам, так как ремонты имеют различную трудоемкость и материалоемкость. В технологическом процессе участвует различное оборудование, и время его загрузки также различается по видам ремонта. В данном случае целесообразно было бы применить двухэтапный процесс распределения затрат, который предусматривает следующие шаги:

- распределение накладных расходов по производственным и обслуживающим центрам издержек;
- перераспределение издержек, приходящихся на обслуживающие центры по производственным центрам;
- расчет отдельных ставок накладных расходов для каждого производственного центра издержек;
- распределение накладных расходов, приходящихся на каждый производственный центр издержек по видам продукции или другим целевым затратам.

Иначе говоря, необходимо как можно точнее отследить накладные расходы применительно к видам продукции и применять отдельно ставку косвенных расходов для накладных расходов общецеховых и общедеповских.

Авторы рассматривали различные подходы к распределению косвенных затрат на примере локомотивного депо, выполняющего ремонт пригородного подвижного состава для дочерней компании ОАО «РЖД», которая по существу является сторонним потребителем и оплачивает выполняемые услуги на основании заключенных договоров.

Договором между потребителем и поставщиком услуг оговорена величина накладных расходов, которая равна 150% к фонду оплаты труда, установленная с целью снижения убыточности пригородных перевозок. Фактически сложившееся соотношение накладных расходов к заработной плате в данном депо составляет 326,9% (таблица 1).

При детальном рассмотрении состава накладных расходов были выделены затраты, которые компенсируются за счет основной деятельности и не участвуют в распределении на себестоимость. К этим расходам относятся:

- капитальный ремонт основных средств производственного назначения (ст. 770);
- обслуживание и текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря производственного назначения в части прочих материальных затрат, имеющих единовременный характер и не-



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

связанных с услугами по текущему ремонту и техническому обслуживанию (ст.768);  
 – внеплановый ремонт локомотивов (ст. 814) и некоторые другие затраты, связанные с содержанием социальных объектов.

*Таблица 1 – Распределение накладных расходов по традиционной методике*

Виды ремонта	Прямые расходы		Всего накладных расходов	Величина накладных расходов, % к прямым
	всего	в т.ч. ФОТ		
ТО-3, ТО-4 грузовых электровозов; ТО-4, ТО-5, ТР-3 маневровых локомотивов	4525	1161	3795,67	83,88
ТР-1 электровозов грузовых	1855	1101	3599,51	194,04
ТО-2 электровозов грузовых	38808	19135	62558,24	161,20
ТО-2 электровозов пассажирских	3899	2790	9121,37	233,94
ТР-2 маневровых локомотивов	1080	393	1284,84	118,97
ТР-1 маневровых локомотивов	3563	1100	3596,24	100,93
ТО-3 маневровых локомотивов	6402	2412	7885,57	123,17
ТО-2 маневровых локомотивов	1462	692	2262,36	154,74
КР, ТР, ТО электросекций	88478	31250	102165,92	115,47
Экипировка локомотивов	20892	6462	21126,28	101,12
<i>Итого</i>	<i>170964</i>	<i>66496</i>	<i>217396,00</i>	<i>127,16</i>

Распределение накладных расходов при этих условиях отражено в таблице 2, процент накладных расходов составил 268,7%.

*Таблица 2 – Распределение накладных расходов с учетом выделения части затрат не распределяемой по видам ремонтов*

Виды ремонта	Прямые расходы		Всего накладных расходов	Величина накладных расходов, % к прямым
	всего	в т.ч. ФОТ		
ТО-3, ТО-4 грузовых электровозов; ТО-4, ТО-5, ТР-3 маневровых локомотивов	4525	1161	3119,91	68,95
ТР-1 электровозов грузовых	1855	1101	2958,67	159,50
ТО-2 электровозов грузовых	38808	19135	51420,71	132,50
ТО-2 электровозов пассажирских	3899	2790	7497,45	192,29
ТР-2 маневровых локомотивов	1080	393	1056,09	97,79
ТР-1 маневровых локомотивов	3563	1100	2955,99	82,96
ТО-3 маневровых локомотивов	6402	2412	6481,67	101,24
ТО-2 маневровых локомотивов	1462	692	1859,58	127,19
КР, ТР, ТО электросекций	88478	31250	83976,86	94,91
Экипировка локомотивов	20892	6462	17365,07	83,12
Расходы, отнесенные на эксплуатацию	42733	0	0,00	0,00
Производство материалов и запасных частей	15793	1052	2827,00	17,90

В дальнейшем при анализе были выделены статьи расходов, которые можно считать несвязанными с ремонтом пригородного подвижного состава, так как предприятие будет нести эти расходы в том же объеме, не выполняя ремонт и обслуживания данного подвижного состава. К этим затратам можно отнести:

- часть расходов ст. 765 по содержанию и эксплуатации оборудования, связанных с работой подъемных кранов;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования природоохранных объектов (ст. 766);

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

- расходы на содержание ведомственной, пожарной и сторожевой охраны (ст. 802);
- расходы на внеплановые ремонты (ст. 814).

Перечисленные статьи распределяются на себестоимость основной продукции за исключением ремонта и обслуживания электросекций. Все остальные накладные расходы распределяются по существующей традиционной схеме.

Полученное распределение представлено в таблице 3. Необходимо отметить, что даже при этих условиях процент накладных расходов для МВС составил – 256,4%; для остальных видов работ – 279,3%.

*Таблица 3 – Распределение накладных расходов с учетом затрат, которые не относятся на ремонт пригородного подвижного состава*

Виды ремонта	Прямые расходы		Относимые на ремонт МВС	Остальные распределяемые	Всего накладных расходов
	всего	в т.ч. ФОТ			
ТО-3, ТО-4 грузовых электровозов; ТО-4, ТО-5, ТР-3 маневровых локомотивов	4525	1161	265,73	2977,11	3242,85
ТР-1 электровозов грузовых	1855	1101	252,00	2823,26	3075,26
ТО-2 электровозов грузовых	38808	19135	4379,68	49067,22	53446,90
ТО-2 электровозов пассажирских	3899	2790	638,58	7154,30	7792,88
ТР-2 маневровых локомотивов	1080	393	89,95	1007,76	1097,71
ТР-1 маневровых локомотивов	3563	1100	251,77	2820,69	3072,46
ТО-3 маневровых локомотивов	6402	2412	552,07	6185,01	6737,07
ТО-2 маневровых локомотивов	1462	692	158,39	1774,47	1932,86
КР, ТР, ТО электросекций*	88478	31250		80133,29	80133,29
Экипировка локомотивов	20892	6462	1479,04	16570,28	18049,33
Расходы, отнесенные на эксплуатацию	42733	0	0,00	0,00	0,00
Производство материалов и запасных частей	15793	1052	240,79	2697,61	2938,39
<b>Итого**</b>	<b>229490</b>	<b>67548</b>	<b>8308,00</b>	<b>173211,00</b>	<b>181519,00</b>

\*-при этих условиях процент накладных расходов для МВС составил – 256,4%

\*\*- итоговый процент накладных расходов составил – 268,7%

Данные расчетов показали, что процент накладных расходов установленный в договоре с компанией потребителем явно занижен. Разница между фактической себестоимостью и расчетной ценой компенсируется за счет средств территориального филиала ОАО «РЖД» (железной дороги).

Дальнейшее совершенствование методики распределения накладных расходов должно учитывать не только исключение некоторых видов затрат, но и применение множественной базы распределения.

Более детальному изучению подлежат такие статьи расходов, как:

- содержание и эксплуатация оборудования (ст. 765);
- обслуживание и текущий ремонт зданий и сооружений (ст. 768);
- амортизация основных средств производственного назначения (ст. 771).

Доля этих затрат в общей сумме основных общих расходов составляет более 40%.

Традиционное распределение их некорректно. По данной схеме предполагается, что ремонт более трудоемкий является и более фондоемким. На самом деле более сложные виды ремонта осуществляются с использованием большего количества оборудования (более механизированы), а трудозатраты по ним могут быть относительно меньше.

Для корректного распределения этих расходов необходимо выделить для каждого конкретного депо затраты времени работы оборудования на каждом виде ремонта в соответствии с технологическим процессом, и относить эти расходы по видам продукции в соответствии с машино-часами.

Расходы на обслуживание и текущий ремонт зданий и сооружений можно считать зависящими от специализации цехов и могут распределяться пропорционально, например, площади зданий.

В качестве альтернативной базы распределения накладных расходов кроме заработной платы можно выбрать прямые затраты, связанные с тем или иным видом ремонта, учитывающие кроме трудоемкости материалоемкость и энергоемкость производства. При этом необходимо понимать, что будет увеличиваться себестоимость сложных видов ремонта (КР, СР, ТР-3) и уменьшаться себестоимость менее сложных видов ремонта (ТР-1) и технического обслуживания. Пример подобного распределения накладных расходов представлен в таблице 4. По данному способу процент накладных расходов в себестоимости ремонтов электросекций в среднем составил 213,7%.

*Таблица 4 – Распределение накладных расходов пропорционально прямым затратам на ремонт*

Виды ремонта	Прямые расходы		Всего накладных расходов	Величина накладных расходов, % к ФОТ
	всего	в т.ч. ФОТ		
ТО-3, ТО-4 грузовых электровозов; ТО-4, ТО-5, ТР-3 маневровых локомотивов	4525	1161	3681,91	317,13
ТР-1 электровозов грузовых	1855	1101	1509,38	137,09
ТО-2 электровозов грузовых	38808	19135	31577,37	165,02
ТО-2 электровозов пассажирских	3899	2790	3172,55	113,71
ТР-2 маневровых локомотивов	1080	393	878,78	223,61
ТР-1 маневровых локомотивов	3563	1100	2899,15	263,56
ТО-3 маневровых локомотивов	6402	2412	5209,19	215,97
ТО-2 маневровых локомотивов	1462	692	1189,60	171,91
КР, ТР, ТО электросекций	88478	31250	66780,09	213,70
Экипировка локомотивов	20892	6462	16999,44	263,07
Расходы, отнесенные на эксплуатацию	42733	0	34771,07	
Производство материалов и запасных частей	15793	1052	12850,48	1221,53
Итого	229490	67548	181519,00	268,725943

Одним из дальнейших путей совершенствования методики распределения накладных расходов для предприятий данного типа, как уже говорилось выше, является применение двухэтапного отнесения косвенных затрат. Для этого необходимо наличие учета накладных расходов по отдельным цехам.

В настоящее время учет накладных расходов в системе ЕК АСУФР реализован только для уровня предприятия в целом. После окончания отчетного периода общие косвенные расходы могут быть распределены по цехам с использованием различных измерителей, но в основном используется база распределения – фонд оплаты труда производственного персонала, что не позволяет определить реальную себестоимость продукции.

Таким образом, система распределения косвенных расходов требует дальнейшего совершенствования, для повышения точности расчетов себестоимости продукции, установления внутрипроизводственных (трансфертных) цен и заключения договоров с потребителями на выполняемые услуги, а также принятия эффективных управленческих решений.

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИЗДЕРЖКАМИ КОМПАНИИ «РЖД»**

Сибирский государственный университет путей сообщения

**В.А. Задорнов**

Показаны особенности управления издержками на примере ОАО «Российские железные дороги».

Для обоснованной оценки эффективности функционирования корпораций и принятия решений по организации производства на железнодорожном транспорте необходимо исходить из системного подхода с обязательным включением в рассматриваемую систему по-

требителей, пользующихся его услугами, а не ограничиваться сферой непосредственного производства. Только при соблюдении этого условия можно привести в действие конкурентный механизм управления издержками, определять показатели прибыли и рентабельности как показатели объективно реальной оценки эффективности эксплуатационной деятельности компании «Российские железные дороги». Такие показатели оценки как себестоимость перевозок, расходы не позволяют объективно оценить производственную деятельность железнодорожного транспорта в условиях завершающего этапа своего реформирования.

Деятельность компании «РЖД» есть процесс обслуживания грузоотправителей и грузополучателей посредством удовлетворения их потребностей в материально-техническом обеспечении и реализации продукции. При этом, в большинстве случаев, железнодорожный транспорт не способен полностью выполнить весь комплекс необходимых потребителям услуг, а осуществляет только их часть в общем процессе доставки грузов.

С другой стороны, видимый результат деятельности железных дорог - перевозки, как услуги, с точки зрения транспортно-технологических схем доставки грузов на первый взгляд выглядит одинаково, т.е. груз в требуемом количестве доставлен потребителю. Однако конечные результаты доставки могут существенно различаться и оказывать большое влияние на финансово-экономическое состояние грузоотправителей и получателей. И только через эти последствия и влияние их на финансово-экономические результаты обслуживаемых клиентов - потребителей можно, на наш взгляд, выявить и оценить конкурентоспособность альтернативных схем транспортного обслуживания, учитывая общие особенности функционирования компании, на которое воздействует внешняя заинтересованная и внутренняя производственная среда (рисунок).

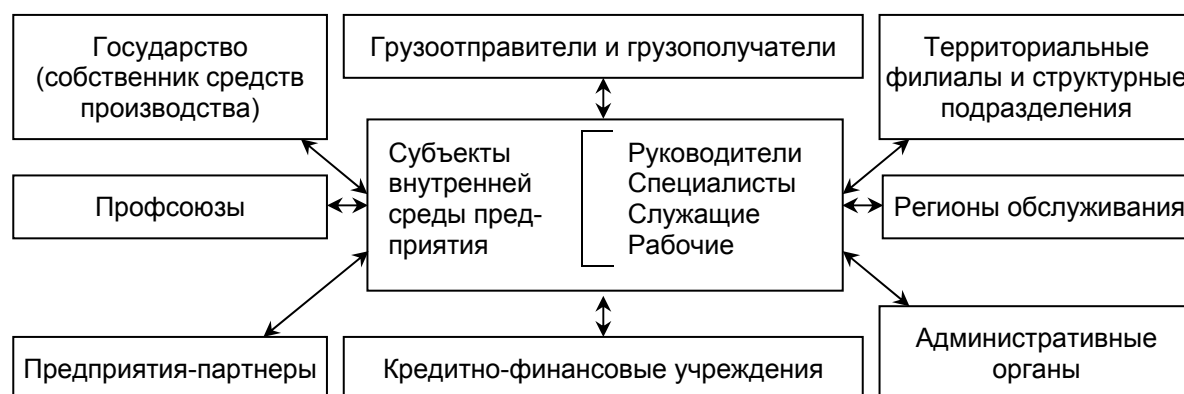


Рисунок – Классификация участников деятельности компании «РЖД»

Системный подход, и особенность железнодорожного транспорта как одного из средств услуг, определяют возможность максимального интегрирования единичных показателей деятельности в обобщающий стоимостной критерий, который можно представить в виде удельной величины полных экономических издержек, обусловленных схемой доставки груза, в рублях на одну тонну ( $Z^{y0}$ ).

Соотношение значений этого критерия по рассматриваемым альтернативным схемам доставки, типам локомотивов, видам тяги и т.д., покажет сравнительную величину конкурентоспособности транспортного обслуживания, выраженную условием:

$$K_{pm/i} = Z_i^{y0} / Z_{pm}^{y0} \Rightarrow \max > 1,$$

где  $K_{pm/i}$  – уровень издержек  $i$ -го вида транспорта с другими альтернативными  $i$ -ми видами транспорта, схемами доставки и т.п.;

$Z_{pm}^{y0}$  – удельная величина полных экономических издержек потребителя, обусловленных рассматриваемой схемой доставки (с участием речного транспорта) руб./т;

$Z_i^{y0}$  – удельная величина полных экономических издержек, обусловленных  $i$ -ой схемой доставки, руб./т.

Внутренние неявные издержки «отвергнутых (неиспользованных) возможностей», обусловленные омертвлением оборотных средств в грузах за время доставки и вынужденного технологического хранения, идентифицируют в стоимостном виде влияние следующих единичных показателей: срок доставки, период транспортного обслуживания, величина одно-

временной отправки, ритмичность и регулярность перевозок и др.

$$Z_4^{y\partial} = (C_e + Z_1^{y\partial} + Z_2^{y\partial} + Z_3^{y\partial}) \times (t_{\text{досм}} + t_{\text{операц}}) \times \frac{E}{365},$$

где  $t_{\text{досм}}$  – срок доставки груза, включающий время накопления груза в пунктах отправления, хранения в пунктах перегрузки, суток;

$t_{\text{операц}}$  – средняя продолжительность операционного хранения груза у потребителя вследствие сезонности и других перерывов в работе транспорта, суток;

$t_3$  – эксплуатационный период транспортного обслуживания в течение года, суток.

Удельный показатель полных экономических издержек определяется как сумма рассмотренных частей, которая оценивает основные отличия сравниваемых схем доставки грузов и видов транспорта на конкретных направлениях перевозок. Этот показатель ориентирует структурные подразделения территориальных филиалов ОАО «РЖД» на наиболее эффективный путь развития, непосредственно увязывая полезность их деятельности с наиболее подходящей нишей приложения усилий и средств по перевозке грузов, цене, направлению перевозок, форм и методов обслуживанию клиентов и т.п.

На основе анализа практики управления и обобщения работ отечественных и зарубежных авторов, сделан вывод, что в корпоративном управлении наряду с общими основами менеджмента особую актуальность приобретают принципы, отражающие специфику этой формы управления (таблица).

*Таблица – Специфические особенности корпоративного управления издержками*

Субъекты управления	Интересы сторон	Способы согласования интересов
Государство (собственник) и коллектив «РЖД»	Для собственника – повышение благосостояния в виде удовлетворения потребностей потребителей в перевозках грузов и пассажиров. Для работников компании рост заработной платы и удовлетворения личных экономических интересов	Эффективная структура собственного капитала. Государственное право собственности. Введение в совет директоров представителей трудового коллектива (наблюдательного совета) для контроля за соблюдением интересов трудового коллектива. Повышение эффективности производства на основе мотивации труда
Система организации и управления перевозками	Для организации и менеджеров – капитализация прибыли и повышение внешнего имиджа. Для трудового коллектива – уровень социально-экономического развития	Организационно-экономическая ориентация научно-технического развития производства. Обеспечение приоритетных вложений в человеческий капитал. Усиление мотивирующей роли социального развития и оплаты труда. Порядочность поведения и взаимоотношений с подчиненными, убеждение их в обоснованности проводимой стратегии, привлечение к разработке и принятию решений (партиципативность)
Акционеры и топ-менеджеры	Для акционеров – размер прибыли и рентабельности. Для менеджеров – укрепление профессионально-корпоративного и общественного статуса	Повышение эффективности производственной деятельности. Конкурентоспособность продукции и имидж компании. Способность системы управления на эффективное использование финансового и производственного leverage. Обеспечение карьерного роста менеджеров

Важнейшими из них являются: системность и согласование интересов участников предпринимательской деятельности, включающих внешнюю среду: поставщики ресурсов, посредники, потребители, местные органы власти и др., а также внутреннюю организационную среду производственный персонал. Принципиальные решения по определению приоритетов и согласованию интересов сторон для снижения издержек ОАО «РЖД» показаны в таблице.

Эти особенности обусловлены как самой спецификой корпоративного управления, так и отличительными чертами железнодорожного транспорта – как сферы услуг, а также техни-

ческими, технологическими, организационными и другими факторами, и прежде всего, сама природой железнодорожного транспорта как средства преодоления расстояний в сочетании с его инфраструктурной ролью и значением для развития общественного производства.

Как инфраструктурное подразделение всего хозяйства страны железнодорожный транспорт требует повышенного государственного регулирования и тесной координации его управления с правительством и смежными организациями по следующим причинам:

- успешное формирование целостного и эффективного транспортного комплекса невозможно решить разрозненными усилиями отдельных компаний и региональных органов управления;

- основные параметрические характеристики транспортной системы (как безопасность движения и доставки грузов, экологии, обороны страны) необходимо регулировать в интересах общественной безопасности;

- высокая доля издержек создает большие возможности экономии средств при возрастании объемов перевозок и обуславливает необходимость государственной поддержки;

- обеспечение эффективного и конкурентоспособного транспортного обслуживания объективно требует сотрудничества и взаимодействия всех транспортных и смежных организаций.

Специфические особенности корпоративного управления обуславливают своеобразие подходов к оценке его эффективности. Существенное различие целей основных участников корпораций и их внешнего окружения: собственников бизнеса (государство), исполнителей – менеджеров и производственного персонала, а также субъектов внешней среды – кредиторов, местных органов власти и т.п.

В рыночной экономике с её чётким выделением конкретных собственников подобный подход к анализу и оценке результатов хозяйственно-финансовой деятельности не приемлем. Пример: практика речного транспорта подтверждает, что игнорирование экономических интересов конкретных собственников – акционеров имеет печальные последствия для менеджеров: во многих корпорациях за последние годы акционеры добились полного обновления руководящего состава менеджеров.

С другой стороны, чрезмерные амбиции акционеров и менеджеров вызывают обоснованное недовольство производственного персонала, принимающее в ряде случаев весьма острые формы противостояния (забастовка московских железнодорожников).

Ведущая роль использования акционерного капитала в формировании финансов фирмы предопределяет приоритет анализа имущественного состояния корпорации и, в частности, выявления изменений её статуса (ценности богатства), так как акционер (государство) доверяет управлять своими средствами не для их растративания, а для их приращения.

Ценность (богатство) корпорации – важнейший экономический критерий, представляющий наибольший интерес для собственников – акционеров и отражающий сущность рыночной экономики, пока практически не упоминается в трудах наиболее признанных российских ученых по анализу хозяйственной и финансовой деятельности, включая и переводные работы зарубежных авторов. Всюду используется обезличенный термин «стоимость капитала», который как показатель используется применительно к совершенно различным конкретным понятиям, таким как цена, ценность капитала, издержки на содержание капитала и т.д.:

- цена, которую фирма уплачивает за пользование отдельными видами привлекаемых средств (капитала);

- ценность капитала, т.е. величина экономической выгоды, которую фирма получает, используя в своей деятельности данный капитал;

- стоимость капитала – это издержки на содержание капитала, поэтому подмена этих понятий многими российскими авторами одним «стоимость» вносит существенную путаницу в финансовый анализ. Истоки этой путаницы относятся к началу XX века, а её последствия имеют принципиальное значение и до сих пор негативно сказываются на российской экономике.

Эффективность корпоративного управления, прежде всего, характеризуется динамикой экономической ценности фирмы. Кроме этого, следует оценить степень эффективности наиболее важной в рыночных условиях финансовой деятельности, а также усилия по консолидации производственного коллектива и согласованию интересов, как необходимой предпосылки для успешной деятельности корпорации.

Экономистами А.Д. Шереметом и Р.С. Сайфулиным для оценки качества финансового менеджмента предложен показатель в виде соотношения величины прибыли к сумме вы-

ручки (доходов). Однако автор считает что, этот показатель не соответствует такому назначению и характеризует только уровень «маржи», т.е. прибыльность фирмы, что может быть следствием не качества управления, а совсем других причин.

Специфика деятельности крупных корпораций в условиях рыночной экономики обуславливает возможность использования в деятельности менеджеров оригинальных рычагов, с помощью которых достигается заметное улучшение итоговых финансово-экономических результатов фирмы в интересах акционеров – собственников.

Это леверидж: ресурсный (финансовый) и производственно-хозяйственный. Действие первого из них является следствием профессионального экономического уровня менеджерской команды в части активности при поиске (в интересах акционеров) наиболее выгодных по цене ресурсов, в том числе и финансовых. Реализация этого показателя предполагает грамотную ориентацию менеджеров на рынке, а также на поиск дополнительного выигрыша для акционеров за счёт уменьшения потребности в собственном акционерном капитале и распределения полученной чистой прибыли на меньшее число собственников.

Сущность второго – закономерное отражение прироста наиболее важного показателя – прибыли по сравнению с приростом объёмов производства и доходов от реализации продукции (услуг) вследствие наличия у каждой фирмы условно-постоянных расходов. Эта закономерность имеет место только в строго ограниченном интервале между первой точкой безубыточности и наиболее выгодным для фирмы объёмом продукции, поэтому её реализация также требует от менеджеров соответствующих знаний и высокой квалификации.

Обобщение имеющейся отечественной и зарубежной литературы, изучение опыта работы одной из крупнейших корпораций железнодорожного транспорта - ОАО «РЖД» – позволили разработать и предложить специальную систему для оценки эффективности корпоративного управления, издержками, включающую следующие специфические показатели, наиболее адекватно отражающие задачи этого управления:

- Экономическая ценность корпорации, определяемая как разность между величиной её нормализованных активов по рыночной оценке и текущими обязательствами;
- Коэффициент эффективности финансового управления – как отношение чистой рентабельности собственного капитала к общей рентабельности активов;
- Коэффициент консолидации – как соотношение между уровнем заработной платы производственного и административно-управленческого персонала.

В сочетании с другими известными и используемыми в финансовом анализе коэффициентами деловой активности, ликвидности и финансовой устойчивости эта система позволит объективно оценить соответствие корпоративного управления его основным задачам.

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

Сибирский государственный университет путей сообщения

**В.В. Коркин**

Приведен метод и пример расчета оплаты трудовой деятельности работников в структурных подразделениях филиалов ОАО «Российские железные дороги».

В сфере определения и контроля затрат труда наиболее актуальными направлениями исследования на железнодорожном транспорте в настоящее время являются:

- мониторинг данных об интегральной эффективности компании;
- повышение обоснованности планирования объемов труда и 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 рационали-

зации труда, в структурных подразделениях есть резервы.

Выполнение установленных признаков (критерии оценки) трудовой деятельности работника можно определить количеством баллов (от 0 до 100), по сумме которых подводятся итоги за истекший (учетный) период (таблица).

Например, рекомендуются следующие признаки определения оценки трудовой деятельности и их оценки в баллах ( $\Pi_{m\partial}$ ):

- 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).

Оценка трудовой деятельности определяется по формуле:

$$O_{m\partial} = \sum_{i=1}^5 \Pi_{m\partial i} \times K_{0i}, \quad (1)$$

где  $O_{m\partial}$  – оценка трудовой деятельности, в баллах;

$\Pi_{m\partial i}$  – признак трудовой деятельности, в баллах;

$K_{0i}$  – 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:

$$O_{m\partial}^{max} = 315 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 + 170 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1,25 = 1506,25 \text{ баллов.}$$

Размер премии за отчетный месяц с применением предложенной оценки трудовой деятельности с учетом общего количества заработанных баллов можно определить по следующим формулам:

- максимальный размер премии

$$\Pi_{max} = O_m \Pi_i / 100, \quad (2)$$

где  $O_m$  – месячный должностной оклад;

$\Pi_i$  – размер премии.

- денежный эквивалент за 1 балл;

$$D_{за1балл} = \Pi_{max} / Q_{m\partial}^{max}, \quad (3)$$

где  $Q_{m\partial}^{max}$  – максимальная оценка трудовой деятельности, в баллах;

- размер премии

$$\Pi = D_{за1балл} \cdot Q_{m\partial}, \quad (4)$$

где  $Q_{m\partial}$  – оценка трудовой деятельности, в баллах.



*Таблица – Критерии оценки труда работников структурных подразделений*

Признак трудовой деятельности	$P_{мд}$	Характеристика и уровень признаков (ККТ)		
		низкий 0,75	нормальный 1,00	высокий 1,25
Выполнение мероприятий, предусмотренных регламентом работы или 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 организации тематических мероприятий	20			
Уровень внедрения в подведомственной службе (структурном подразделении)	15	наличие нарушений в течение месяца, зафиксированных приказами или распоряжениями по подразделению и пр.	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

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; Ф.И.О.: Иванова С.И.; образование: высшее техническое; стаж работы в должности: десять лет.

По (1) определяем оценку трудовой деятельности за год:

$$O_{мд} = 290 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1 + 240 \cdot 1,25 + 170 \cdot 1,25 + 240 \cdot 1 = 1355 \text{ баллов.}$$

По (2)-(4) и таблице определим размер премии с учетом общего количества заработанных баллов:

$$P_{(12)} = 8042 \cdot 50/100 = 4021,5 \text{ руб.}$$

$$P = 2,65 \cdot 1355 = 3587,9 \text{ руб.}$$

Премия выплачивается ежемесячно согласно действующему положению о премировании за основные результаты хозяйственной деятельности, а также для мотивации работников к более высокопроизводительному труду.

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).

Предложенный метод позволит в значительной степени повысить эффективность про-

изводства, разработать систему повышения материальной заинтересованности работников в достижении высоких конечных результатов работы.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННО-ПОЩРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Сибирский государственный университет путей сообщения

П.Н. Рубежанский

Предложена идентификация различных родов и качеств вознаграждений, предоставляемых сотрудникам.

Система вознаграждений организации должна включать в себя все, что наемный работник может ценить и желать и что работодатель в состоянии или желает предложить в обмен на вклад наемного работника в выполнение организацией ее миссии.

Идентификацию различных родов и качеств вознаграждений, предоставляемых работодателями, состоит в разделении компенсационных и не компенсационных поощрительных элементов системы стимулирования, т.е. все вознаграждения можно реализовывать как денежные, так и другие виды оплаты.

Результатом действия компенсационной системы являются отчисления и передача части дохода организации (зарботной платы) своим наемным работникам с целью удовлетворения их денежных и натуральных запросов на товары и услуги конечного потребления. Зарботная плата в форме денег может быть разделена на оплату, заработанную и обретаемую по истечении определенного времени в будущем – отсроченная оплата.

Компенсационный пакет можно формировать многими способами, но предлагаемая методика автора базируется на восьми экономических измерениях (рисунок 1). Структурирование особенностей, компонентов и измерений — это задача департамента по организации труда и зарботной платы.

Методика восьми компенсационных измерений и некоторых их компонентов строится на следующих принципах, которые позволяют понять и оценить сложность компенсационной системы современной организации.

**1 Плата за работу и производительность.** Плата за работу и производительность включает деньги, которые выдаются кратко-срочно (еженедельно, ежемесячно, в виде годовых премий/вознаграждений) и которые дают наемным работникам возможность оплаты или заключения контрактов на приобретение желаемых товаров и услуг.

**2 Плата за нерабочее время.** Из года в год происходит сокращение числа рабочих часов в неделе и уменьшение количества рабочих дней в году. Элементы оплаты нерабочего времени существенно увеличивают затраты на труд, а также улучшают качество жизни на рабочем месте для большинства наемных работников.

**3 Продолжение выплат при утрате работы.** Гарантия занятости есть и всегда будет главным соображением для большинства рабочих. Они хотят уверенности в том, что выполняемые ими задания и доход, получаемый от работы, будут непрерывны вплоть до их выхо-



Рисунок 1 – Измерения компенсационной системы

да на пенсию.

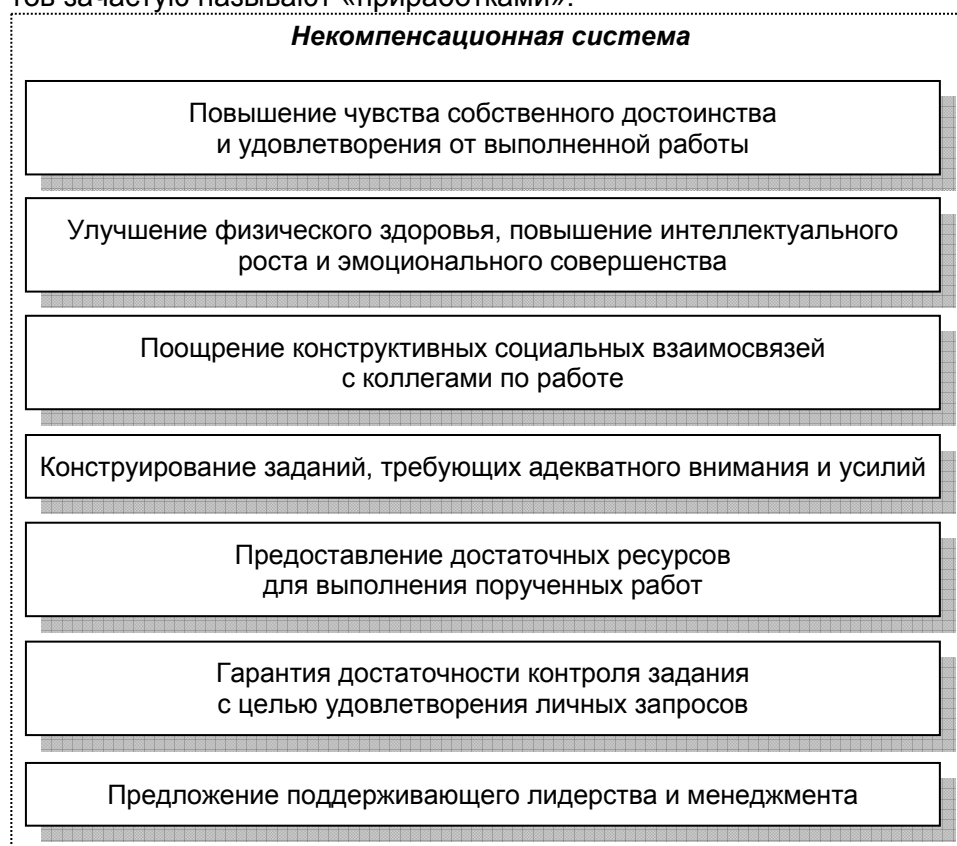
**4 Продолжение выплат при нетрудоспособности.** Социальное обеспечение, компенсации рабочим, оплата за отсутствие по болезни и планы по краткосрочной и долгосрочной нетрудоспособности являются примерами компонентов, обеспечивающих субсидирование наемных работников, которые не способны трудиться по причинам, связанным со здоровьем.

**5 Отсроченный доход.** Есть две базисные причины такого вида компенсационной системы. Во-первых, большинство наемных работников не имеет достаточных сбережений к моменту выхода на пенсию, чтобы продолжать тот стиль жизни, к которому они привыкли, пока работали. Во-вторых, налоговые законы и правила регулирования повышают привлекательность планов отсроченных доходов для многих наемных работников. Особенности налогового регулирования зачастую позволяют работодателям проводить незамедлительные удержания.

**6 Продолжение выплат на супруга (семью).** Большинство наемных работников,ремененных семейными обязанностями, озабочены тем, что произойдет, если они окажутся не в состоянии зарабатывать деньги, которые позволят их семьям поддерживать определенный стиль жизни. Работодателями конструируются определенные планы обеспечения иждивенцев доходом в случае смерти наемного работника или возникновения ситуации, в которой он не сможет работать в силу полной недееспособности или непреходящей нетрудоспособности.

**7 Охрана здоровья и страхование от несчастного случая.** Когда возникают проблемы со здоровьем, наемным работникам приходится беспокоиться не только о том, чтобы получение дохода продолжалось, но еще и об оплате товаров и услуг, необходимых для лечения полученного или приобретенного заболевания до восстановления трудоспособности.

**8 Оплата, эквивалентная доходу.** Последний набор компенсационных компонентов можно сгруппировать под видом выплат, эквивалентных доходу. Многие из этих компонентов зачастую называют «приработками».



Другая главная часть системы вознаграждений охватывает некомпенсационные вознаграждения. Эти вознаграждения сложнее классифицировать, а их компоненты значительно сложнее, чем компенсационные вознаграждения и их элементы. Фактически любая деятельность, которая оказывает какое-то воздействие на интеллектуальное, эмоциональное и физическое благополучие наемного работника и не охватывается специально оговариваемым покрытием в рамках компенсационной системы, представляет собой

*Рисунок 2 – Измерения некомпенсационной системы*

часть системы некомпенсационных вознаграждений (рисунок 2) дает представление о некомпенсационной системе.

Некомпенсационная система включает в себя семь элементов, осуществляющих тесную взаимосвязь между компенсационными и некомпенсационными вознаграждениями.

Повышение чувства собственного достоинства и удовлетворения от выполненной работы. Возможно, наиболее затратным и одним из самых мощных вознаграждений, предлагаемых работодателями наемному работнику, является признание его лично полезным и ценным участником выполнения миссии организации. Этот род признания ведет к возникновению у работников ощущения собственной значимости и гордости за свой вклад в общее дело.

Каждый элемент компенсационного и некомпенсационного вознаграждений должен нести в себе послание: «Мы в вас нуждаемся и высоко ценим ваши усилия».

## ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМОВ И СТРУКТУРЫ ГРУЗОВ НА ДОХОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Сибирский государственный университет путей сообщения

Д.П. Плетнев

С использованием двухфакторного корреляционного и детерминированного анализов хозяйственной деятельности одного из предприятий промышленного железнодорожного транспорта определены взаимосвязи экономического показателя – доходной ставки с объемом и родом перевозимых грузов. Установлено, что в случае высокодоходных грузов (с большим тарифом) выявляется прямая зависимость между исследуемыми переменными, а в случае низкодоходных (с малым тарифом) грузов – обратная зависимость. Результаты детерминированного анализа взаимосвязи доходов предприятия с объемом и структурой грузов подтверждают результаты корреляционного анализа.

Корреляционно-регрессионный анализ предназначен, прежде всего, для измерения степени взаимосвязи тех или иных явлений и для подтверждения причинно-следственных связей в оценке производственной деятельности предприятия. После того, как определены факторы влияния внешней и внутренней среды, с помощью корреляционно-регрессионного анализа можно дать количественные оценки их влияния.

Расчет вышеуказанных характеристик тесноты взаимосвязи между исследуемыми признаками производится на основе статистических данных предприятия. Вначале производится расчет парных коэффициентов, затем рассчитываются частные коэффициенты корреляции первого порядка (при исключении одной переменной) и совокупный коэффициент множественной корреляции, определяющий тесноту связи от двух факторов одновременно.

Для определения величины вариации изучаемого показателя, обусловленную выбранными факторами, вычисляют коэффициент множественной детерминации. Наряду с этими коэффициентами для получения сравнительной силы влияния отдельных факторов и о тех резервах, которые в них заложены, необходимо вычислять коэффициенты эластичности, а также  $\beta$ -коэффициенты, позволяющие учесть различия в степени варьирования вошедших в уравнение факторов.

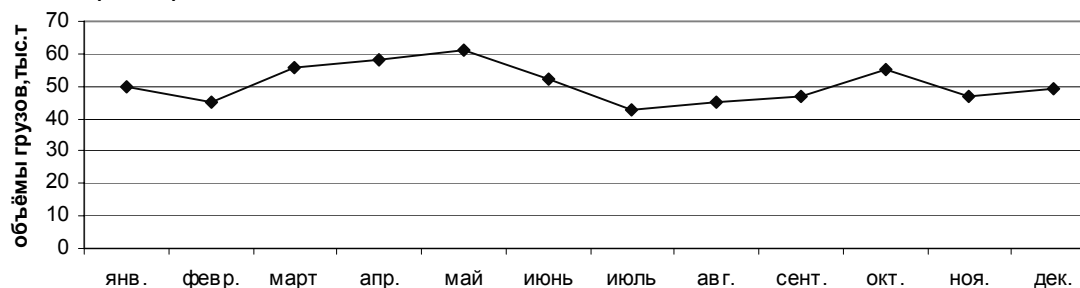


Рисунок 1 – Динамика объемов высокодоходных грузов («разные грузы») на предприятии

Согласно статистическим данным исследуемого предприятия на основе анализа динамики объема перевозок в течение года для участков с различными грузами, выявлены следующие особенности: для категории «разные грузы» характерным для всего анализируемого периода (2004-2007 гг.) является некоторое монотонное нарастание объема перевозок в течение года, достигающее в конце года величины 30-50% (рисунок 1). В тоже время для груза – уголь такая динамика отсутствует, а имеет место «сезонный» экстремальный спад грузопотока (рисунок 2). Общим для этих видов грузов характерно существенное колебание

в 1,5-2,0 раза в отдельные периоды года. По статистическим данным динамика доходной ставки имеет тенденцию к возрастанию к концу года, за исключением 2005 г. – она снижается (рисунок 3).

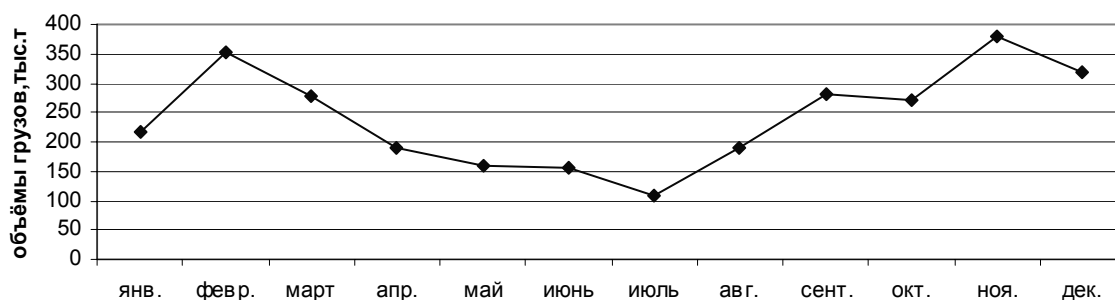


Рисунок 2 – Динамика объемов низкодоходных грузов (уголь) на предприятии

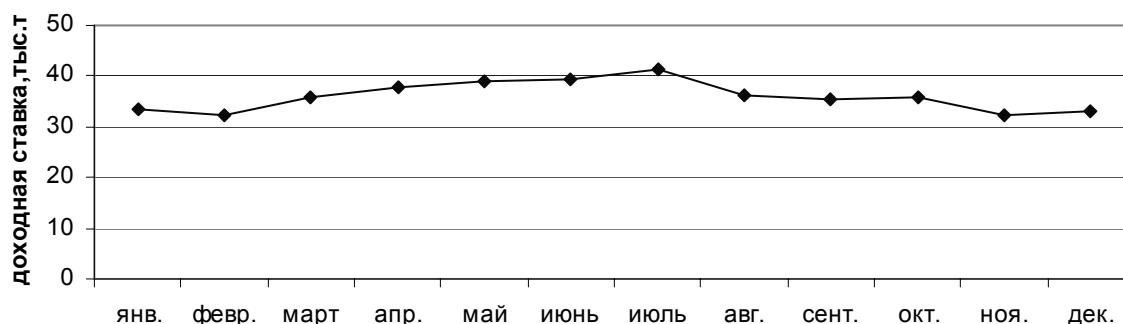


Рисунок 3 – Динамика доходной ставки на предприятии промышленного железнодорожного транспорта с разной структурой груза

Величины и знаки парных и частных коэффициентов корреляции показывают, что теснота связи между доходной ставкой и факторами (объемом и структурой груза) без учета их взаимодействия (парные коэффициенты) и с учетом взаимосвязи между переменными (частные коэффициенты) для разных участков предприятия имеет заметное различие по величине, но более важно, она различается по знаку действия. Степень взаимосвязи доходной ставки с объемом грузов для разных участков предприятия (т.е. для разных видов грузов) по годам исследуемого периода отличаются как по модулю, так и по виду зависимости (прямая или обратная).

Для высокодоходных грузов («разные грузы») характерна прямая зависимость между доходной ставкой и объемом перевозок, за исключением 2005 г., что может быть связано с неординарными изменениями размера тарифа или рода груза в этот период производства. По низкодоходным грузам (уголь) прослеживается обратная зависимость доходной ставки от объема работ.

Теснота связи между исследуемыми переменными (частные коэффициенты корреляции) за анализируемый период достаточно заметная и колеблется по модулю для участка с высокодоходными грузами – 1 от 0,4 до 0,8, а по участку с низкодоходными – 2 от 0,4 до 0,9 (таблица).

Совокупный коэффициент множественной корреляции, показывающий одновременное влияние факторных признаков (объема и рода груза) на доходную ставку, является по знаку положительным и при величине от 0,4 до 0,9 выявляет между ними существенную взаимосвязь. Наименьшее значение коэффициента множественной корреляции, исследуемых показателей производства предприятия присуще 2005 году, для которого значения парных и частных коэффициентов имеют явное отклонение от других лет анализируемого периода.

Совокупный коэффициент множественной детерминации, указывающий какая доля вариации доходной ставки объясняется влиянием объема и структурой грузов, колеблется в течение четырех лет от 0,16 до 0,81. Наибольшее влияние изучаемые факторы (объема и рода груза) на доходную ставку оказали в 2006-2007 гг., наименьший коэффициент множественной детерминации приходится на 2005 г.

Реализация следующего этапа анализа сводится к расчету коэффициентов эластичности для разных видов груза предприятия. Полученные данные свидетельствуют, что для

первого участка с высокодоходным грузом выявляется прямая зависимость доходной ставки от объема грузов с минимум такой связи в 2005 г. По другим годам коэффициент эластичности колеблется от 0,38 до 1,03, что характеризует силу влияния объема данного вида груза на доходную ставку. Аналогичная динамика взаимосвязи исследуемых признаков прослеживается и по значениям  $\beta$ -коэффициента, которые колеблются по годам в пределах от 0,01 до 1,69.

Совершенно иная взаимосвязь доходной ставки с объемом и родом груза проявляется по перевозке угля. По знаку эта зависимость обратная (исключение 2005 г.), при этом сравнительная сила влияния объема и рода перевозимых грузов на доходную ставку значительно больше, чем влияние тех же факторов с другим видом груза для первого участка.

*Таблица – Показатели корреляционной связи между доходной ставкой и признаками (объемом и родом груза) предприятия за период 2004-2007 гг.*

Коэффициенты корреляции	Обозначение	2004 год	2005 год	2006 год	2007 год
Парные коэффициенты корреляции	$r_{yx1}$	0,48	-0,40	0,67	0,27
	$r_{yx2}$	-0,49	0,00	-0,67	-0,90
	$r_{x1x2}$	-0,30	0,03	-0,12	-0,20
Частные коэффициенты корреляции	$r_{yx1(x2)}$	0,40	-0,40	0,79	0,20
	$r_{yx2(x1)}$	-0,41	0,02	-0,79	-0,89
Совокупный коэффициент множественной корреляции	$R$	0,60	0,40	0,89	0,90
Совокупный коэффициент множественной детерминации	$R^2$	0,36	0,16	0,79	0,81
Коэффициенты эластичности	$\mathcal{E}_1$	0,38	0,01	1,03	0,65
	$\mathcal{E}_2$	-1,94	23,03	-8,90	-1,12
$\beta$ -коэффициенты	$\beta_1$	0,58	0,01	1,69	0,89
	$\beta_2$	-8,45	32,85	-23,88	-4,72

Значения коэффициента эластичности и  $\beta$ -коэффициента составляют от -1,1 до -8,9 и от -4,7 до -23,9 соответственно. Представленные значения коэффициента эластичности показывают, на сколько процентов изменится доходная ставка (обратная зависимость) с изменением на один процент объема перевозимого груза – угля (при фиксированном состоянии объема высокодоходных

грузов). Величины эластичности по модулю, превышающие единицу, свидетельствуют об определяющем факторе низкодоходного груза на доходную ставку предприятия, и менее значимом влиянии на этот экономический показатель высокодоходных грузов.

На примере выполненного исследования важно подчеркнуть диагностическую роль корреляционного анализа для выявления аномальных экономических состояний производственной деятельности предприятия. Об этом свидетельствует установленный автором факт, что общая закономерность доходной ставки с объемом и структурой груза в 2005 г. явно была нарушена какими-то экстремальными факторами, исследование которых требует проведения дополнительного анализа.

Наряду с корреляционным анализом был выполнен детерминированный факторный анализ по методике, предложенной Савицкой Г.В. Важным элементом исполнения такого вида анализа является понятие «фактический доход при базовой структуре», который определяется как произведение коэффициента изменения объема перевозки сравниваемых периодов, на величину доходов предыдущего периода, исследуемого предприятия.

Динамика доходов предприятия в зависимости от структуры грузов за период 2003-2004 гг. оказалась отрицательной (-4,0%), поскольку снижение на 1,3% объема перевезенных грузов участка с более высокой доходной ставкой вызвало заметный спад суммарных доходов, который не позволил скомпенсировать повышение (на 17%) объема грузов (уголь) второго участка с низкой доходной ставкой.

Аналогичная ситуация на конечный доход от перевозок с изменением структуры грузов в сторону возрастания доли груза с низкой доходной ставкой проявляется в период 2004-2005 гг. Отрицательный баланс мог быть еще более выраженным, если доходная ставка по первому участку не претерпела бы резкого возрастания с 50,79 до 63,24 руб./т. Это экстре-

мальное изменение доходной ставки, а вернее тарифа, и было выявлено при проведении двухфакторного корреляционного анализа.

Изменение структуры груза предприятия в сторону увеличения грузов с большей доходной ставкой в период 2005-2007 гг. положительно сказалось на величине получаемых доходов: в 2007 г. рост доходов составил +8,5%.

Таким образом, для получения положительной динамики роста доходов при различной номенклатуре грузов необходимо стремиться к увеличению объема перевозок высокодоходных грузов и не форсировать возрастание объема низкодоходных грузов.

Сопоставление результатов корреляционно-регрессионного анализа и детерминированных методов сравнения позволяет всесторонне рассмотреть сложные взаимосвязи между изучаемыми показателями.

Полученные результаты по влиянию структуры грузов на экономические показатели для одного предприятия целесообразно было сопоставить с существующим состоянием этой взаимосвязи для всего объединения. С этой целью был проведен третий этап анализа, влияния структуры грузов в общем объеме доходов.

Поскольку каждому предприятию объединения присуще своя специфика перевозимых грузов, то при анализе рода груза опосредованно был связан с наименованием предприятия. Безусловно, внутри каждого предприятия имеет место своя структура перевозок, но в первом приближении зависимость доходов объединения от структуры перевозок можно получить без учета внутренней структуризации перевозок на каждом предприятии.

Изменение доходов объединения в течение анализируемого периода практически не происходит, имеет место лишь некоторое колебание доходов в пределах 1,0%. В тоже время изменения доходов по отдельным подразделениям и участкам существенны и имеют значения, составляющие несколько процентов, как в положительную, так и в отрицательную сторону баланса.

Поскольку в 2006 и 2007 гг. структура перевозок на объединении была «плавающей», т.е. колебания видов грузов по годам имели как положительный, так и отрицательный характер по одному предприятию, но с учетом доходной ставки на вид груза суммарное сальдо объединения было положительным.

Анализ влияния структуры перевозимых грузов на доходы предприятия позволяют сделать вывод о высокой чувствительности доходов на изменение структуры грузов, несмотря на небольшую разницу в доходных ставках различных видов грузов (колебания составляли не более 30%). В случае более резкого изменения доходной ставки влияние структуры груза на доходы проявляется еще более существеннее. Важным элементом в управлении доходов является также сбалансированное увеличение объема перевозок того или иного вида груза.

Результаты детерминированного и корреляционного анализа по изучению такой зависимости в количественном выражении дают возможность достоверно оценить настоящее состояние доходов и позволяют определить рациональные пути по их повышению.

Отрицательный баланс доходов предприятия свидетельствует о том, что доля груза с большей доходной ставкой уменьшилась в структуре перевозок и, наоборот, при положительном балансе доля высокодоходных грузов возросла. Показательным на этот счет является ситуация по доходам объединения за 2005 г., когда по всем предприятиям произошел рост объема перевозок от 7,0 до 31,0%, однако доходы не возросли. Более того, они даже несколько снизились (на -0,3%). Это еще раз указывает на то, как важно отслеживать структуру грузов для получения положительного баланса доходов по объединению и по отдельному предприятию. Необходим мониторинг на основании результатов выполненного анализа с определением объема перевозок, каких видов грузов целесообразно увеличивать, а объемы каких грузов, наоборот, для данного периода деятельности предприятия экономически следует «заморозить» или даже снизить.

По осуществляющим перевозкам различных родов грузов, проявляется достаточно прямая зависимость между доходной ставкой и объемом высокодоходных грузов (с большими тарифами) и обратная зависимость – для низкодоходных (с малыми тарифами). Это следует из знака и величины показателей корреляции (см. таблицу). Парные, частные коэффициенты корреляции, коэффициенты эластичности и  $\beta$ -коэффициенты при прямой зависимости имеют положительные значения, а при обратной – отрицательные значения. О существенном влиянии структуры грузов на доходы указывают значительные величины со-

вокупных коэффициентов множественной корреляции от 0,6 до 0,9 и множественной детерминации от 0,36 до 0,81.

Полученные результаты могут быть положены в основу мониторинговой деятельности предприятия при составлении плановых заданий и выработки правильных управленческих решений.

## **ОЦЕНКИ РИСКОВ НА РЫНКЕ МОРСКОГО СТРАХОВАНИЯ СУДОВ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**М.А. Москаленко, З.М. Субботин**

Изложены проблемы оценки рисков на рынке морского страхования судов. Предложена авторская методика оценки рисков обеспечения конструктивной безопасности судов, находящихся в эксплуатации. По результатам оценки эксперт дает заключение о техническом состоянии судна и фактической страховой стоимости судна.

Интенсивное старение национального морского флота и отсутствие государственной поддержки отечественных судовладельцев, а также нехватка оборотных средств на поддержание класса судна, заставляет отечественных судовладельцев, в первую очередь малые и средние судоходные компании, владеющие одним или несколькими судами старше 20 лет, искать альтернативные пути выхода из сложившейся ситуации. Одним из возможных способов удержаться таким компаниям на рынке транспортных услуг без продолжительного вывода судна из эксплуатации и производства больших затрат на судоремонт, является выход из поднадзора Российского морского Регистра судоходства. Такая крайняя мера приводит к потере судном «класса» и переходу его под «удобный флаг». Как правило Администрации «удобного» флага максимально упрощают процедуру выдачи и продления судам, зарегистрированным в их Реестре, конвенционных документов.

В последние несколько лет, в связи с ужесточением норм и стандартов безопасности, в том числе, с введением процедуры «Управление безопасностью компании» наметилась отчетливая тенденция «бегства» отечественных судовладельцев под флаги: Белиза, Камбоджи, Кипра и др. По имеющимся сведениям сейчас более 30% тоннажа судов старше 20-25 лет находятся под «удобными флагами». Причем ежегодный прирост этой группы судов составляет 5-8%.

С учетом того, что политика мирового морского сообщества кардинально меняется в сторону переноса ответственности за состояние безопасности флота на судоходные компании, последние стараются обеспечить безопасность судов только в рамках конвенционных требований, не обращая внимания на скрытые недостатки. Сложившаяся ситуация отразилась на темпах роста страховых случаев и адекватным отказом крупных российских страховых компаний от страхования судов, не имеющих класса. В результате страховые компании лишились значительного числа потенциальных клиентов и соответствующего количества страховых сборов.

В то же время, поскольку рынок морского страхования является динамически развивающимся, то он не может долго оставлять в вакууме нишу удовлетворения потребности страховой защиты имущества судовладельцев. Поэтому сегодня перед национальными страховыми компаниями встала дилемма: с одной стороны – не потерять все возрастающую группу клиентов; с другой стороны – правильно оценить риски и разместить перестраховочный пакет на вторичном рынке.

С учетом изложенного выше авторами предложен, проверенный на практике, метод оценки надежности обеспечения конструктивной безопасности судов в зависимости от их возраста. В соответствии с предлагаемой методикой производится диагностика остаточного ресурса корпусных конструкций. На основании данных дефектации рассчитывается вероятность риска  $R$  обеспечения конструктивной безопасности судна. В формализованном виде:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^3 \left[ 1 - \frac{\bar{S}_i - S_i \varphi_i}{S_i} \right],$$

где  $\bar{S}_i, S_i$  – построечные и фактические значения контролируемого параметра изучаемого  $i$ -го элемента конструкции корпуса соответственно;



$\varphi_i$  – редуцированный коэффициент.

Анализ динамики изменения надежности обследованных авторами судов позволил установить закономерность изменения риска обеспечения конструктивной безопасности для всего жизненного цикла большой группы однотипных судов [1, 2]. Эта закономерность достаточно адекватно описывается уравнением логистической кривой:

$$\bar{R}(t) = \frac{R_k}{1 + 10^{Z(t)}}$$

где  $R_k = 0,500$ , а показатель степени:

$$Z(t) = 2,480 - 0,168t,$$

$t$  – возраст судна, годы.

Значение  $Z(t)$  определяется по алгоритму, описанному в [2].

Переход от диагностических оценок к прогнозу предполагает решения проверочной задачи, включающей контроль соблюдения неравенства:

$$\bar{R}(t) - R(S_i, \bar{S}_i, \varphi_i) > 0.$$

На основании которого эксперт делает обоснованный вывод о техническом состоянии судна и дает рекомендации о возможности его страхования и размерах фактической страховой стоимости судна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Москаленко, М.А. Методологические основы обеспечения конструктивной безопасности морских судов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / М.А. Москаленко. - Владивосток, 2006. - 39 с.

2 Москаленко, М.А. Определение прогностической модели старения корпуса судна / М.А. Москаленко // Пробл. трансп. Дальн. Востока: пленарные докл. 6-ой междунар. конф. - Владивосток: ДВО ПАТ, 2005. - С. 159-160.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА**

Сибирский государственный университет путей сообщения

**Е.А. Сиденкова**

Предложены пути и методы расчетов трудоемкости специалистов и инженеров различных специальностей подразделений транспорта в условиях рынка.

В условиях реформирования отрасли железнодорожного транспорта особое значение приобретает применение прогрессивных технологий, что позволит не только сделать отрасль более конкурентноспособной и безопасной, но и позволит улучшить использование трудовых ресурсов, совершенствовать их материальное стимулирование [4].

Проблема внедрения новых прогрессивных или как их еще называют, «прорывных» технологий актуальна, так как эти технологии исключают или значительно сокращают малоэффективный и некачественный ручной труд на трудоемких видах работ.

В основе реализации названных технологий следует особо выделить нормирование трудовых затрат. Это объясняется тем, что любой трудовой процесс организуется и реально происходит во времени. При его проектировании и внедрении должны использоваться такие технологии нормирования труда, которые позволяют не только установить меру труда, но и оценить рациональность каждого элемента трудового процесса, определить лучшую последовательность их выполнения. При установлении норм труда в первую очередь должны учитываться такие организационно-технические условия, которые обеспечивают эффективное использование техники, технологии и рабочего времени.

В общем виде нормирование труда – это вид деятельности по управлению структурой предприятия, направленный на установление необходимых затрат и результатов труда, а также необходимых соотношений между численностью работников различных групп и коли-

чеством единиц оборудования.

Близким, но не однозначным и самостоятельным понятием является термин «измерение труда». Под измерением труда обычно понимают установление необходимых затрат времени квалифицированного работника для выполнения конкретной работы при определенном уровне интенсивности труда путем применения различных методов и средств.

Измерение труда на основе анализа функций, работ и операций, помимо самостоятельного значения для уменьшения связанных с ними затрат служит исходной базой для нормирования труда. Разработанные методики с одной стороны направлены на измерение труда, с другой – являются составной частью комплекса вопросов стимулирования труда. Но независимо от конечной цели (эффективность труда или справедливая оплата его), измерение и нормирование труда осуществляются общими для них методиками и средствами изучения рабочего времени, независимо от вида деятельности.

Все процессы в сфере экономики взаимосвязаны и происходят в строго определенной последовательной системе [1]. Любая новая технология выводит существующую систему из состояния равновесия и в первую очередь изменения касаются трудовых процессов, т.к. изменяется количественная и качественная структура рабочих мест, требования к организационно-экономическим условиям процесса труда, квалификационные требования к работникам и условиям их материального стимулирования. Все вышесказанное требует установление норм труда и внесение изменений в них при следующих организационных условиях:

- работа новая, ранее не выполнялась;
- изменение материала или метода работы, требующее установления новой нормы времени;
- нормы требуются прежде, чем введены стимулирующие системы оплаты труда;
- стоимость работы чрезмерна.

В целях выполнения перечисленных условий необходимо строить модели переходных процессов, в том числе и в области организации и нормирования труда. Это связано с тем, что при введении нового или существенного изменения действующего рабочего места, оценка трудоемкости, как правило, отсутствует, а новый процесс уже функционирует, и требуются нормативных документов, регламентирующих условия его протекания.

На период освоения новых технологических процессов к технически обоснованным нормам должно устанавливаться дополнительное время, отражающее трудовые затраты на объем работ, связанный с процессом освоения. По мере освоения производства размер дополнительного времени должен снижаться, а в дальнейшем – отменяться.

Такая система поэтапного внедрения оптимальных норм времени и выработки позволяет постоянно поддерживать их прогрессивный уровень, повышает ответственность соответствующих служб предприятий за своевременное организационно-техническое обеспечение трудового процесса, наглядно для исполнителей, осваивающих новые технологии.

Научно обоснованные нормы времени, рассчитанные для условий освоенного производства, и нормированное дополнительное время служат основанием для расчета на весь период норм выработки и трудоемкости [3]. Исходя из периода, на который вводится дополнительное время, а также сроков его изменения, строят график освоения технически обоснованных норм. Такой график должен содержать значения этих норм на различных этапах освоения вплоть до отмены при достижении проектных значений (рисунок).

Как видно из рисунка, на пятом этапе условного примера, который является заключительным для освоения работ, имеет место только оптимальная норма времени, а все другие ее составляющие отсутствуют. На предыдущих этапах в соответствии с целью поставленной задачи, необходим расчет всех трех составляющих нормы времени - непосредственно технически обоснованной нормы, дополнительного времени, установленного на период освоения в связи с отклонением организационно-технических условий от проектных, и в связи с освоением рабочим операций.

Из решения первой задачи мы получаем научно обоснованную трудоемкость работы (комплекса работ), из решения второй – дополнительное время на период освоения, длину периода освоения и продолжительность каждого этапа.

Таким образом, в основе методики оценки трудоемкости в условиях внедрения новых прогрессивных технологий находятся две взаимосвязанные задачи:

1 Оценка трудоемкости прогрессивных технологий для освоенного производства.

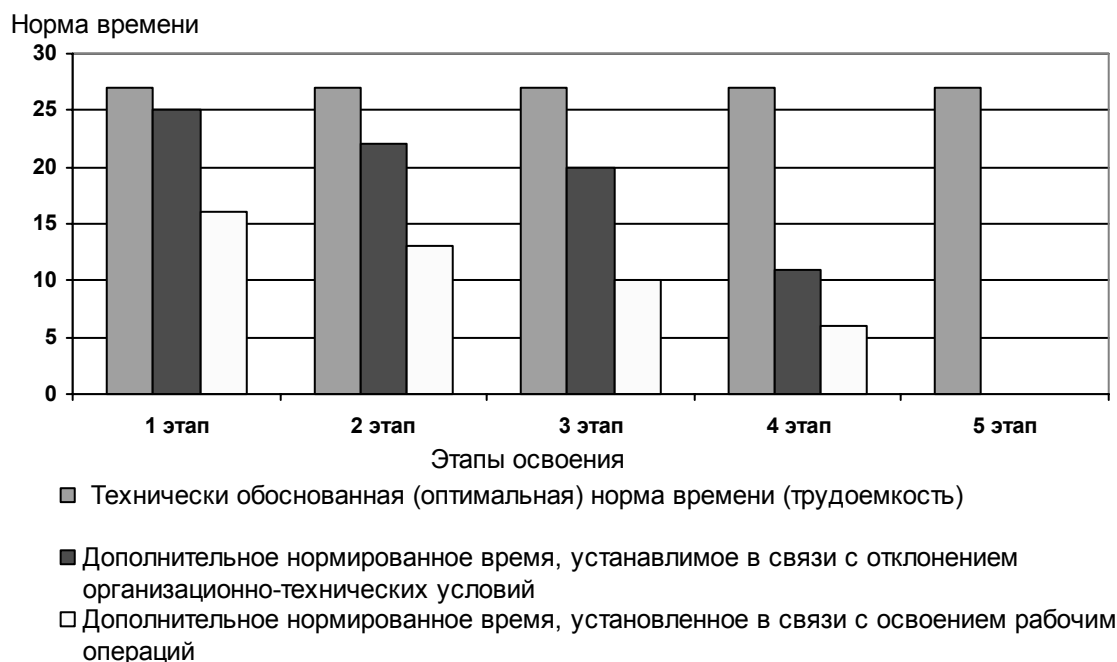
Оценка трудоемкости этих же производственных процессов на период их освоения.

Как первая, так и вторая задачи направлены на выявление резервов роста производи-

тельности труда и снижения трудоемкости продукции.

Этапы реализации методики:

- 1 Построение модели процесса.
- 2 Экономико-математическая постановка задачи.
- 3 Выбор и обоснование метода исследования.
- 4 Подготовка инструментария, включая исходную информацию.
- 5 Решение задач.
- 6 Оценка и апробирование полученных результатов.



*Рисунок – График освоения проектных норм*

Первый этап практически уже описан в тексте настоящей методики.

Второй этап – экономико-математическая постановка задач:

1 Определить оптимальную трудоемкость для каждой операции и общую трудоемкость работы по прогрессивной (новой, передовой, «прорывной») технологии, которая отвечала бы ряду условий (ограничений).

2 Определить трудоемкость для каждой операции и общую трудоемкость работы по прогрессивной технологии по каждому этапу процесса освоения этой технологии.

Как видно из постановок, эти задачи связаны друг с другом: решение первой, т.е. определение оптимальной трудоемкости уже освоенного прогрессивного процесса является контрольной оценкой трудоемкости во второй задаче, так как по окончании последнего этапа освоения технологии, выходим на расчетную или оптимальную трудоемкость процесса.

Математическая формулировка первой задачи может быть представлена в виде задачи линейного программирования:

Найти значения переменных  $t_{ij}$ , которые входят в систему ограничений, и при которых целевая функция вида  $T = \sum \sum t_{ij} w_{ij} \rightarrow \min$  при следующих ограничениях:

$$t_{ij} \geq 0; w_{ij} \geq 0; A_k \leq t_{ij} \leq B_k,$$

где  $t_{ij}$  – искомая трудоемкость  $i$ -го элемента  $j$ -ой работы;

$w_{ij}$  – объем выполняемый по  $i$ -му элементу  $j$ -ой работы;

$k$  – индекс группы ограничений,  $k = 1, d$ .

Первая группа ограничений требует неотрицательности переменных, вторая – соблюдения при проектировании нормы ряда организационно-экономических, психофизиологических и социальных ограничений.

Любая норма должна быть комплексно обоснованной, т.е. быть лучшей с точки зрения

критерия оптимальности и системы заданных ограничений. Это означает, что должны иметь место различные варианты самой нормы, либо определяющих ее характеристик технологического и трудового процесса.

Как правило, варианты норм обслуживания, численности, управляемости, форм разделения и кооперации труда непосредственно вытекают из существа конкретной задачи. Иная ситуация складывается при обосновании норм времени. Значения этих норм однозначно определяются принятыми вариантами технологического и трудового процесса. Поэтому обоснованность нормы времени определяется обоснованностью каждого из ее элементов: основное время должно соответствовать оптимальному режиму обработки предмета труда, вспомогательное – оптимальным приемам труда работника, время обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительное время – оптимальной системе обслуживания рабочих мест и оптимальному режиму труда и отдыха [2].

Объективность расчетов во многом будет определяться качеством оценок, полученных с помощью специалистов-экспертов, хорошо знающих технологический процесс, конкретное предприятие или предприятия-аналоги. В обсуждении и расчетах должны участвовать специалисты различного профиля: технологи, экономисты, нормировщики, специалисты по труду и развитию персонала.

По окончании каждого этапа – определение отклонения между расчетной трудоемкостью и выработкой для данного этапа и фактическими данными. Если фактическая трудоемкость этапа отстает от расчетной, принимаются меры по уточнению расчетов для следующего этапа, и процесс повторяется заново. Может быть принята и такая тактика – изменения в расчеты не вносят, но пересматривают мероприятия по повышению квалификации работников, изменению условий труда, и наблюдения проводят уже после окончания этапа, следующего за анализируемым.

Условно примем, что значение типовой нормы времени (оперативное время) является оптимальным для условий освоенного производства. Следовательно, необходимо время  $T$ , чтобы освоить эту норму. В начале периода внедрения технологии были проведены хронометражные исследования, которые показали превышение фактического времени над нормативным в размере 30%, что составляет 1,92 человеко-часа. Значит, эти 30% мы должны постепенно уменьшать в течение срока освоения технологии.

Анализ возможностей структурных подразделений и фактические данные по освоению технологий в прошлые годы показали, что распределение дополнительного времени к норме уже освоенной технологии следующее: первый месяц – 30%, второй месяц – 22%, третий месяц – 12%, четвертый – 2%. Проценты рассчитываются от разницы между величинами нормативной и фактической трудоемкостью, (1,92 и 1,48) человеко-часа. В пятый месяц никакого дополнительного времени не планируется. Таким образом, по месяцам освоения оперативное время составит: в первый месяц – 1,92 человеко-часа, во второй – 1,81 человеко-часа, в третий месяц – 1,66 человеко-часа, в четвертый – 1,51 человеко-часа, в пятый месяц – выход на проектируемую трудоемкость – 1,48 человеко-часа.

После первого месяца работы по новой технологии был проведен хронометраж и фотографии рабочего дня, а также получены данные по выработке продукции за этот период. Результаты оказались следующие: рабочие не справились с заданием, а фактическое оперативное время по операциям превысило планируемое на 10%, т.е. составило не 1,92, а 2,11 человеко-часа. В сложившейся ситуации необходимо действовать в соответствии с пунктом 5 описанной выше методики, а именно: либо изменить дополнительное к норме время на втором этапе, либо оставить их прежними, но пересмотреть проекты по организации производства и выработке профессиональных навыков у работников.

Кроме того, был проведен расчет коэффициента напряженности труда, который получился в пределах нормы. Анализ ситуации выявил, что основная проблема – отсутствие достаточных профессиональных навыков работы у большей части рабочих. Были организованы дополнительные занятия по изучению приемов и методов работы в условиях новой технологии. По итогам третьего месяца ситуация улучшилась и приблизилась к расчетным данным.

Следует отметить, что использование предлагаемой методики требует увеличения рабочей нагрузки на группу нормирования предприятия, так как чем более короткий период выбирается для изменения норм, тем больше расчетов и хронометражных исследований.

Сократить количество расчетов можно в том случае, если переходные нормы времени или трудоемкости рассчитывать только по тем операциям, которые действительно являются

новыми и не освоенными работниками. Однако часть информации и точности расчетов в этом случае будет утеряно, так как невозможно будет отразить синергетический эффект, влияющий на трудоемкость, при комплексном выполнении всех операций.

Если данная задача ставится в рамках динамической оптимизации, необходимо отметить следующее. Методы динамического программирования относят к классу многошаговых (или многоэтапных). На каждом из этапов происходит анализ, оценка, выделение и запоминание наилучших последовательностей с последующим повторением всех процедур расчета. На каждом из шагов варианты отсекаются. Когда количество выделенных вариантов становится минимальным, происходит окончательный выбор.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Генкин, Б.М. Экономика и социология труда: учебник для вузов / Б.М. Генкин. -5-е изд., доп. -М.: Норма, 2003. -402 с.

2 Зубкова, А.Ф. Организация нормирования труда на предприятии / А.Ф. Зубкова, Г.Э. Слезингер. -М., 1997.

3 Кретов, С.П. Научная организация труда на железнодорожной станции: теоретические аспекты и модели / С.П. Кретов, А.В. Давыдов, С.С. Цукарев. -Новосибирск: Наука, 2005. - 151 с.

4 Давыдов, А.В. Управление трудовыми ресурсами в период реформирования железнодорожного транспорта / А.В. Давыдов, С.П. Кретов. -Новосибирск, 2002. -230 с.

## ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ЯКУТСКОГО РЕЧНОГО ПОРТА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.И. Бик, О.В. Приданова

Рассматривается возможная причина разрушений ряжевой набережной ООО «Речной порт «Якутск» и предлагается вариант реконструкции верхней части стенки.

Водный транспорт в межрегиональной и мировой экономической интеграции Крайнего Севера имеет исключительно большое стратегическое значение. В связи с отсутствием развитой сети железных и автомобильных дорог в этом районе порты общего пользования и промышленные причалы имеют первостепенное значение в развитии экономики.

Якутский речной порт является основным воднотранспортным узлом, связывающим промышленные и сельскохозяйственные районы республики Саха (Якутия) и севера Иркутской области с промышленными районами страны и приречными пунктами Ленского бассейна.

Якутский речной порт основан в 1959 году и расположен в черте г. Якутска в 1530 км от устья р. Лены. Он играет основную роль в перевалке грузов, поступающих в Якутск из Осетрово, и обеспечивает перевозки местных грузов и пассажиров, принимая и отправляя в районы республики Саха (Якутия) промышленные, продовольственные товары, машины, оборудование, металлы, стройматериалы, уголь, химические грузы.

Конструкция причальной набережной представлена в виде деревянных ряжей сплошной рубки, установленных на каменную постель. Стенка состоит из трех участков, общей протяженностью по линии кордона 638,3 м.

Причальная набережная запроектирована Гипроречтрансом. Строительство осуществлялось силами Якутского речного порта с привлечением организаций треста «Якутстрой» в 60-е годы.

Первые со стороны акватории банки заполнены камнем, вторые – щебнем, третьи и последующие – песчаным грунтом. Свободная высота стенки составляет 13,0 м.

Каменная постель имеет максимальную толщину перед передней гранью – 1,35 м.

Обратная засыпка выполнена песчаным грунтом с углом внутреннего трения  $\varphi_n \geq 30^\circ$ .

По верху набережной проходит шапочный брус из монолитного железобетона сечением 1,0×1,5 м, в котором предусмотрен канал для прокладки электрических кабелей.

В процессе эксплуатации причальной набережной были периоды бурного роста и развития, зстоя и даже период упадка. Во времена перестройки из-за отсутствия оборотных средств, пришла в негодность портовая механизация, устарел флот, отдельные участки причальной стенки оказалась в аварийном и предаварийном состоянии. Ремонт конструкций разрушенных участков не проводился длительное время. В результате чего стенка интенсивно разрушалась в процессе неправильной технической эксплуатации.

На сегодняшний день Якутский речной порт является мощным предприятием республики Саха (Якутия), оснащенный как отечественной, так и импортной перегрузочной техникой, и в течение последних лет, по мере возможности, поддерживает причалы в рабочем состоянии, латая самые опасные участки.

Сотрудниками Новосибирской государственной академии водного транспорта, начиная с 80-х годов, ведутся регулярные наблюдения и исследования несущей способности конструкций причальной стенки [1, 2]. Так выполненное натурное обследование летом 2007 года показало, что ряд конструкций ряжевой набережной находится в ограниченно работоспособном состоянии, а некоторые в неудовлетворительном. Отмечены значительные осадки территории, горизонтальные подвижки, разрушение банок ряжа, высыпание грунта засыпки ряжей, разрушение и потеря устойчивости монолитного железобетонного шапочного бруса.

Проектирование стенки, построенной в 60-х годах, велось по старым нормативным документам, и одной из основных причин повреждений является массивный шапочный брус, выполненный в виде железобетонных блоков. Из-за его немалой массы постоянно происходит сдавливание верхних венцов ряжей. Верх набережной наваливается на грунт обратной

засыпки, что в свою очередь приводит к горизонтальным смещениям верха конструкции (по венцам ряжа) по отношению к ее низу. Даже после реконструкции некоторых секций, когда верхние венцы ряжа разбирались и заменялись новыми, шапочный брус вновь наклонялся в сторону территории и деформировал верхние венцы ряжей. Наклон бетонных блоков шапочного бруса достигает на отдельных секциях более  $10^\circ$  (рисунок 1).

Для восстановления несущей способности отдельных секций причальной набережной, предотвращения деформации врубок ряжа, смятия и потери устойчивости железобетонного шапочного бруса было предложено несколько вариантов реконструкции верхней части причальной стенки.

Принципиальная схема наиболее оптимального варианта реконструкции показана на рисунке 2. Было рекомендовано демонтировать железобетонный шапочный брус, убрать грунт обратной засыпки на расстоянии от линии кордона приблизительно 5,0 м, разобрать верхние разрушенные венцы ряжа первых двух банок, в случае гниения нижних венцов ряжа их заменить на здоровую древесину, возвести монолитную железобетонную стенку с фундаментной анкерной плитой, выполнить обратную засыпку стенки до проектной отметки и восстановить покрытие территории из сборных железобетонных плит.



Рисунок 1 – Наклон железобетонного шапочного бруса в сторону территории

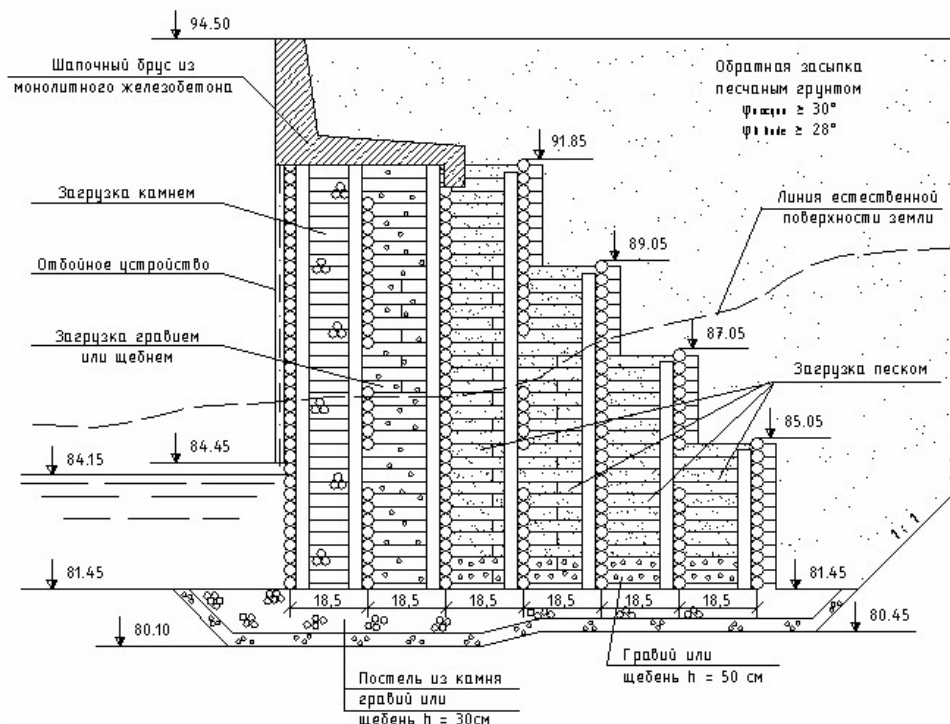


Рисунок 2 – Принципиальная схема реконструкции шапочного бруса

Прочностные расчеты железобетонной конструкции и ее геометрические размеры для конкретных условий приведены в рекомендациях [3].

Предложенная конструкция шапочного бруса позволит значительно разгрузить лицевую часть ряжа, уменьшить затраты на выполнение ремонтных работ и повысить надежность сооружения в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Оценка технического состояния

причальных набережных ОАО «Якутский речной порт»: отчет о НИР / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2002. -69 с.

2 Исследование несущей способности причальных набережных ООО «Речной порт «Якутск»: отчет о НИР / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2007. -68 с.

3 Предложения по реконструкции шапочног бруса причалов набережной Якутского порта / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2002. -12 с.

## **К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ОСАДОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ**

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

**О.А. Коробова, А.В. Ломанов, А.С. Сулимова, П.С. Юрин**

Предлагается практический метод расчета грунтовых оснований гидротехнических сооружений с учетом анизотропных свойств грунта. Расчетный метод разработан для использования в проектной практике при необходимости определения расчетного сопротивления грунта основания  $R$  под подошвой сооружения и при назначении размеров подошвы, а также при расчете осадок методом послойного суммирования деформаций анизотропной полуплоскости.

Расчет осадок гидротехнических сооружений на нескальных основаниях, при среднем давлении под подошвой сооружений  $p$ , меньшем расчетного сопротивления грунта основания  $R$ , следует определять по формуле (33) СНиП 2.02.02-85\* [1] методом послойного суммирования в пределах сжимаемого слоя. В развитие этой главы СНиП 2.02.02-85\* [1] и Приложения 11 [1], где изложены основные положения расчета изотропных грунтовых оснований, авторами предлагается усовершенствовать метод послойного суммирования деформаций, разработанный на основе рекомендуемого Нормами метода [2], (формула (1), Приложение 2), который может быть успешно применен в расчет осадок гидротехнических сооружений. Этот метод позволяет учитывать природную анизотропию нескальных грунтов и более обоснованно назначать размеры подошвы сооружений и определять их осадку, а в ряде случаев получить ощутимый экономический эффект. Метод разработан для использования в проектной практике при необходимости определения расчетного сопротивления грунта  $R$  под подошвой и назначении размеров сооружений, а также при расчете их осадок методом послойного суммирования деформаций однородного трансверсально-изотропного грунтового основания различной мощности (в том числе – полуплоскости), находящегося в условиях плоской деформации. При перечисленных условиях, методом конечных элементов вычислены все компоненты напряжений, образующих зону грунтового основания, расположенную под гранью участка поверхности полуплоскости, нагруженного равномерной нагрузкой и имеющего глубину распространения, равную четверти ширины нагруженного участка; найдены средние для зоны значения главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  и среднее для зоны значение угла наибольшего отклонения  $\theta_{\max}$ . Результаты расчета для несвязного грунта определены на рисунке 1. Значение  $\theta_{\max}$  установлено по известной зависимости теории напряжений:

$$\sin \theta_{\max} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения;

$c$  – удельная сила сцепления грунта соответственно; для несвязного грунта  $c = 0$ .

Предельное (по прочности грунта в рассматриваемой зоне) состояние будет достигнуто при выполнении условия:

$$\sin \theta_{\max} = \sin \varphi (\sin \psi), \quad (2)$$

где  $\psi$  – угол сдвига,

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\operatorname{tg} \varphi + c}{\sigma}, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – нормальное направление на площадке сдвига.



Фиксированному значению  $\varphi(\psi)$  для определенного вида грунта основания соответствуют различные значения внешних нагрузок (давлений  $p = R$ ), зависящие от показателя анизотропии  $\alpha = E_z/E_x$ . По графикам рисунок 1 устанавливается изменение величины давлений  $p_\alpha = R_\alpha$  в случае анизотропного основания по сравнению с изотропным  $p = R$ ,  $\alpha = 1$ .

Значения расчетного сопротивления грунта основания  $R$  вычисляются по СНиП 2.02.01-83\* [2], формула (7).

При известном значении внешней нагрузки  $N$  на уровне подошвы фундамента, ширина  $b$  подошвы фундамента, расположенного на поверхности изотропной полуплоскости, определится по зависимости:

$$b = \frac{N}{R}, \quad (4)$$

а для анизотропной полуплоскости

$$b_\alpha = \frac{N}{R_\alpha}, \quad (5)$$

т.е.

$$b_\alpha = b \frac{R}{R_\alpha}. \quad (6)$$

Установив размер подошвы фундамента  $b$  по обычной методике расчета (без учета анизотропных свойств грунта) и соотношение  $R/R_\alpha = p/p_\alpha$  по графикам рисунок 1 определяем значение  $b_\alpha$ .

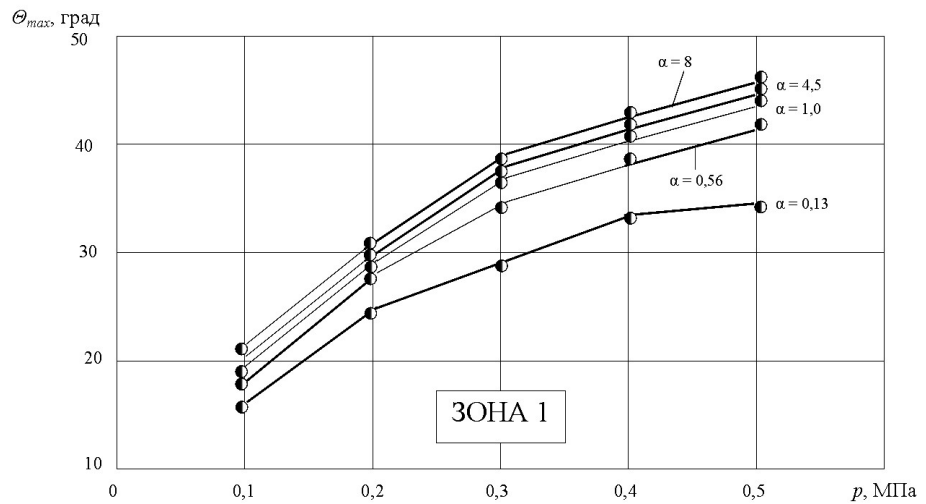


Рисунок 1 – Зависимость угла наибольшего отклонения  $\theta_{max}$  от среднего давления  $p$  под подошвой фундамента

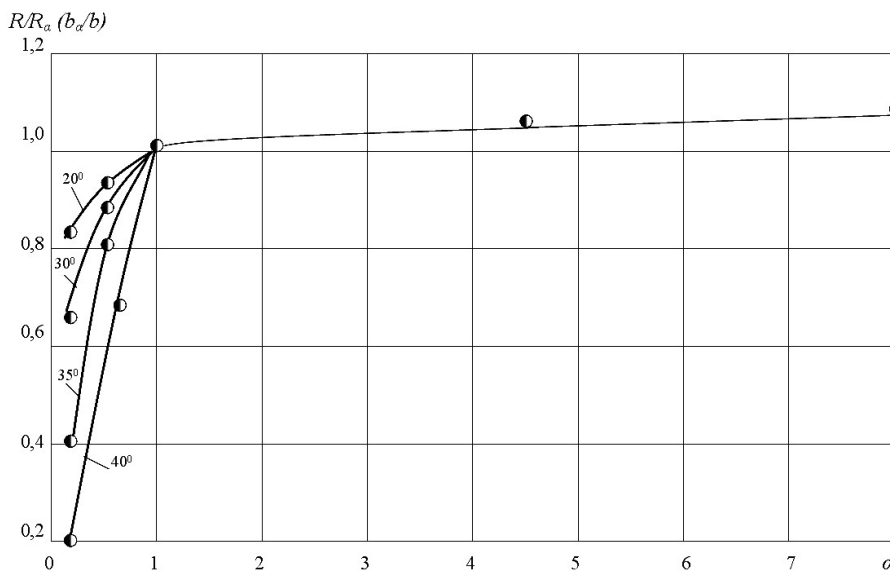


Рисунок 2 – Эффект учета анизотропии при назначении размеров подошвы незаглубленных фундаментов

Соотношениями  $R/R_\alpha$  или  $b_\alpha/b$  оценивается эффект учета анизотропных свойств грунта основания. В качестве примера на рисунке 2 показаны соотношения  $R/R_\alpha$ , вычисленные для незаглубленного фундамента шириной 1,6 при различных значениях  $\theta_{max} = \varphi = 20^\circ \dots 40^\circ$  и анизотропных основаниях с показателями  $0,13 \leq \alpha \leq 8$ .

Усовершенствование метода заключается в учете деформируемости грунта по вертикальному и горизонтальному направлениям при действии вертикальных  $\sigma_{zp,\alpha}$  и горизонтальных  $\sigma_{xp,\alpha}$  допол-

нительных напряжений, рассчитываемых для точек полуплоскости, которые расположены на центральной вертикали посередине слоев  $h_i$ , предусмотренных формулой (1) Приложения 2 [2]:

$$s = \sum \varepsilon_{z,i} h_i, \quad (7)$$

где 
$$\varepsilon_{z,i} = \frac{\sigma_{zp,i,\alpha}}{E_z} (1 - \nu_{xy} \nu_{zy}) - \frac{\sigma_{xp,i,\alpha}}{E_x} (1 + \nu_{xy}).$$

Наиболее просто влияние анизотропии можно учесть по формуле (33) [1] путем корректировки только напряжений  $\sigma_{zp,i}$ , при этом точность расчета осадок несколько снижается.

Дополнительные напряжения вычисляются по зависимостям:

$$\sigma_{zp,i,\alpha} = \sigma_{zp,i} K_\alpha; \quad \sigma_{xp,i,\alpha} = \sigma_{xp,i} K'_\alpha; \quad \sigma_{zp,i,\alpha}^y = \sigma_{zp,i}^y K_\alpha^y; \quad \sigma_{xp,i,\alpha}^y = \sigma_{xp,i}^y K_\alpha'^y, \quad (8)$$

где  $\sigma_{zp}(\sigma_{zp}^y)$ ,  $\sigma_{xp}(\sigma_{xp}^y)$  – в соответствующих точках  $i$  изотропной полуплоскости определяются по имеющимся решениям для линейно-деформируемой среды (например, [2]);

$K_\alpha(K_\alpha^y)$ ,  $K'_\alpha(K_\alpha'^y)$  – коэффициенты влияния анизотропии грунта для характерных точек центральной и угловой вертикалей.

В случае необходимости определения значений  $K_\alpha(K_\alpha^y)$  и  $K'_\alpha(K_\alpha'^y)$  для иных точек центральной и угловой вертикалей их значения находятся интерполяцией результатов. Значения  $K_\alpha(K_\alpha^y)$  и  $K'_\alpha(K_\alpha'^y)$  получены путем сопоставления соответствующих напряжений, рассчитанных методом конечных элементов при  $\alpha = 1$  и  $\alpha \neq 1$ .

**Выводы.**

1 Установлено, что в тех случаях, когда грунтовое основание имеет показатель деформационной анизотропии  $\alpha < 1$ , значения расчетного сопротивления грунта  $R$  увеличиваются, что приводит к уменьшению размеров подошвы и к получению известного экономического эффекта, и наоборот, при  $\alpha > 1$  требуется увеличение размеров подошвы по сравнению с установленными по СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений» [2].

2 Исследования показали, при применении изотропной модели для расчетов грунтовых оснований приводит к искажению действительной картины напряженно-деформированного состояния.

3 Выявлено заметное влияние деформационной анизотропии среды на величину прогнозируемых осадок (от 5 до 40%) даже при сравнительно слабо выраженной анизотропии обычных природных грунтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 СНиП 2.02.02-85\*. Основания гидротехнических сооружений. -Взамен СНиП II-16-76: введ. 1987-01-01. -М.: Госстрой России, 2004. -68 с.

2 СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений. -Взамен СНиП II-15-74, СН 475-75: введ. 1985-01-01. -М.: Госстрой России, 2003. -48 с.

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОКАТКА ДЛЯ ПРОМИНКИ БОЛОТНЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД АВТОЗИМНИКИ**

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

**Ш.М. Мерданов, А.Ф. Шакмаков**

Приведено обоснование технологической схемы и основных параметров пневмокатка для проминки болотных оснований под автозимники.

Эффективная проминка и беспрепятственный проход машин по болоту обеспечиваются, если удельное давление на грунт превышает допустимое не более чем на 25% [1]. Су-

ществленным недостатком рекомендуемых ВСН-137 – 89 моделей тракторов болотной модификации или гусеничных тягачей типа БТ-361, ГАЗ-47, АТЛ, ГТТ и для расчистки снега – типа БАТ является низкая эффективность в результате того, что эти машины предназначены не для проминки, а для транспортных работ.

Учитывая вышеизложенное, проминку верхнего торфяного слоя с мохорастительным покровом представляется возможным наиболее эффективно проводить при наступлении устойчивых морозов с помощью разработанной и предложенной для этих целей авторами конструкции четырехосного пневмокатка (рисунок 1) и схемы расположения линий для проминки на полосе отвода под автозимник.

Рациональный выбор кинематической схемы и обоснование основных технологических параметров пневмокатка в значительной степени позволит достигнуть высокого качества проминки при заданной производительности и полной механизации процесса. Для достижения вышеуказанных целей при разработке катка нами приняты – глубина ( $h$ ) погружения пневмоколёс в поверхность болотного основания и равна 0,12 м; радиус пневмоколёс ( $R$ ) равен 0,45 м, ширина пневмоколёс равна 0,32 м. По допустимому давлению [ $\sigma$ ], МПа, на торфяной слой болотного основания нами рассмотрено использование пневмокатков применительно к трём

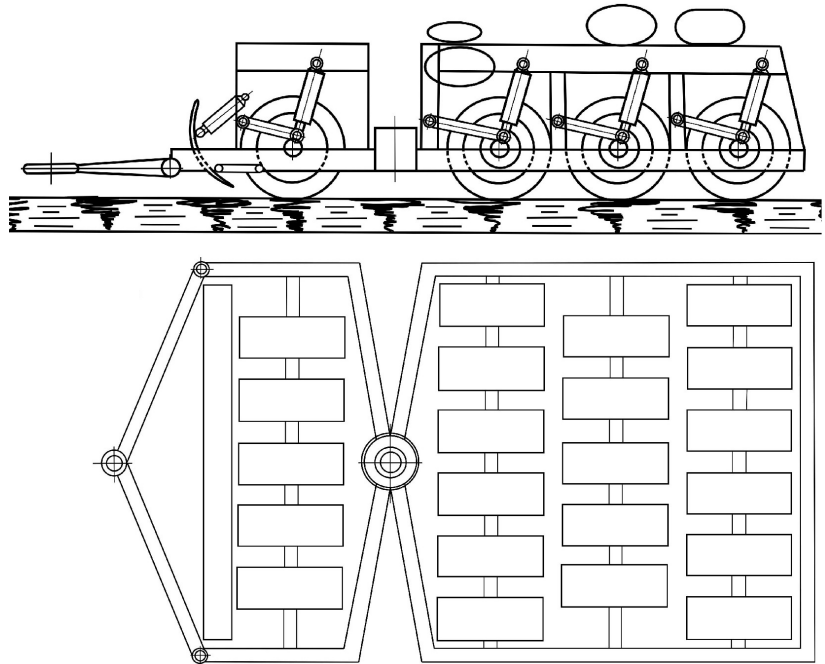


Рисунок 1 – Схема четырехосного пневмокатка

типам болот (для очень плотного слабоувлажнённого торфа [ $\sigma$ ]=0,060 МПа, для плотного среднеувлажнённого на двух уровнях: [ $\sigma$ ]=0,051 МПа и [ $\sigma$ ]=0,042 МПа и для рыхлого увлажнённого торфа [ $\sigma$ ]=0,033 МПа) [1]. При этом необходимое давление ( $P$ ) на оси пневмокатка при заданных: глубине погружения – ( $h$ ), м и несущей способности [ $\sigma$ ], МПа торфяного болотного основания можно определить по формуле:

$$P = B(R - h) \operatorname{tg}(\alpha) n [\sigma] k, \quad (1)$$

где  $B$  – ширина пневмоколёс, м;  
 $\alpha$  – половина центрального угла, соответствующая дуге соприкосновения пневмоколеса с проминаемой поверхностью, град.;  
 $n$  – количество пневмоколёс на одной оси;  
 $[\sigma]$  – допускаемая несущая способность торфяного слоя болотной поверхности, МПа;  
 $k$  – рекомендуемый коэффициент превышения удельного давления на болотную поверхность пневмоколёсами предлагаемого пневмокатка по сравнению с допускаемым [1],  $k = 1,25$ .

Значение половины центрального угла  $\alpha$ , соответствующего половине дуги соприкосновения пневмоколеса с торфяной поверхностью можно определить по формуле (рисунок 2):

$$\alpha = \frac{R - h}{R},$$

где  $\alpha = 42,8^\circ$ ;  $\operatorname{tg} \alpha = 42,8^\circ = 0,926$ .

Таким образом, давление  $P_i$  на пневмоколёса первой оси предлагаемого пневмокатка

для болот с несущей способностью  $[\sigma] = 0,060$  МПа (см. рисунок 1) можно определить по формуле (1)  $P_I = 36,679$  кН.

Количество пневмоколёс согласно кинематической схемы принимаем: на первой и третьей осях – по 5 шт, на второй и четвёртой осях – по 6 шт. (см. рисунок 1).

Суммарное давление  $P_{II}$  на пневмоколёса второй оси будет складываться из трёх составляющих: составляющей по проминке межколеиных полос шириной – 0,16 м; составляющей  $P''$  по проминке на уширение захвата второй оси относительно первой составляет – 0,24 м на каждую из двух сторон и  $P'''$ -составляющей на проминку обратимой деформации после прохода пневмоколёс первой оси шириной 0,16 м на каждое из шести пневмоколёс второй оси, таким образом:  $P'' = 14,67$  кН;  $P'' = 11,0$  кН;  $P''' = 14,0$  кН.

Общее давление  $P_{II}$  на пневмоколёса второй оси составляет:

$$P_{II}^0 = P'' + P'' + P''' = 39,66 \text{ кН.}$$

Давление  $P_{III}^0$  на пневмоколёса третьей оси складывается из двух составляющих:  $P'''$  – на проминку обратимой деформации пространства между колёс шириной – 0,16 м;  $P'''$  – на повторную проминку обратимой деформации шириной 0,16 м на каждое из пяти колёс и таким образом:  $P''' = 14,0$  кН;  $P''' = 11,95$  кН;  $P_{III}^0 = 25,95$  кН.

Давление  $P_{IV}^0$  на пневмоколёса четвёртой оси будет складываться из трёх составляющих:  $P'_{IV}$  – давления на проминку четырёх полос обратимой деформации пространства между колёс шириной 0,16 м;  $P''_{IV}$  – давления на повторную проминку уширений четвёртого ряда относительно третьего шириной по 0,24 м с каждой из двух сторон;  $P'''_{IV}$  – давления на третью проминку обратимой деформации шириной 0,16 м на каждое из пяти задействованных колёс. Таким образом получим:  $P'_{IV} = 95,65$  кН;  $P''_{IV} = 71,73$  кН;  $P'''_{IV} = 10,72$  кН;  $P_{IV}^0 = 27,46$  кН.

Общее давление на четыре оси пневмокатка для болот с очень плотным, слабоувлажнённым торфом составит:  $P_{общ}^{нк} = 129,74$  кН.

При этом принято:

– коэффициент  $k$  - превышения давления для пневмоколёс: первой оси – 1,25; для второй оси – 1,30; для третьей оси – 1,35 и для четвёртой оси – 1,40;

– коэффициент  $\varepsilon$  - обратимых деформаций после проминки пневмоколёсами: первой оси – 0,5; второй оси – 0,33; третьей оси – 0,25 и четвёртой оси – 0,16.

Учитывая величины

погружения пневмоколёс (см. рисунок 2) и обратимых деформаций, центральные углы  $\alpha$ , соответствующие половине дуги соприкосновения пневмоколёса с торфяной поверхностью, примут следующие значения:  $\alpha_1 = 42,8^\circ$  для пневмоколёс первой оси;  $\alpha_2 = 29,9^\circ$  – для пневмоколёс второй оси;  $\alpha_3 = 24,3^\circ$  – для пневмоколёс третьей оси;  $\alpha_4 = 21^\circ$  – для пневмоколёс

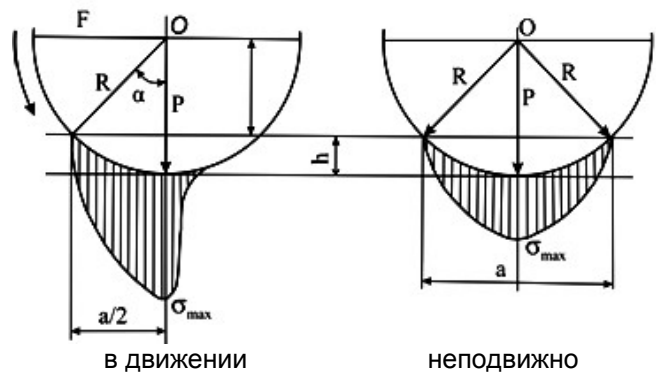


Рисунок 2 – Схема распределения давлений под колесом пневмокатка на болотной поверхности

Таблица 1 – Давление на оси и необходимая масса пневмокатка, кН

№ оси	Несущей способности болотного основания, МПа			
	0,060	0,051	0,042	0,033
1	36,67	31,17	25,67	20,17
2	39,66	33,71	27,76	21,81
3	25,95	22,06	18,16	14,27
4	27,46	23,33	19,24	15,1
Суммарное давление на четыре оси пневмокатка	129,74	110,3	90,83	71,35
Необходимая масса пневмокатка	$12,97 \cdot 10^3$	$11,03 \cdot 10^3$	$9,16 \cdot 10^3$	$7,04 \cdot 10^3$

четвёртой оси. Величины погружения  $h$  (см. рисунок 2а) пневмоколёс с учётом обратимых деформаций составляют: для первой оси – 0,12 м; для второй оси – 0,06 м; для третьей оси – 0,04 м; для четвёртой оси – 0,03 м.

Аналогично вышеизложенному методу, используя формулу (1), можно определить общее давление  $P_{общ}$  на четыре оси пневмокотка и необходимую массу пневмокотков: для болот с плотным, среднеувлажнённым торфяным слоем; и для болот с рыхлым, увлажнённым торфяным слоем.

По результатам аналитических исследований получены данные необходимой массы  $Q$ , кг пневмокотка в зависимости от несущей способности  $\sigma$ , МПа поверхности болотного основания (таблица).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ВСН 137-89. Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР / Мин-во трансп. стр-ва СССР. -М., 1991.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАТКА С ПОДВИЖНЫМИ ШПОРАМИ**

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»

**А.А. Иванов, Ш.М. Мерданов**

Приведена методика определения параметров основных элементов катка с подвижными шпорами для строительства оснований зимних дорог.

Ускорение процесса подготовки оснований под автозимники на болотах возможно осуществить путём проминки мохорастительного покрова до выступления воды на поверхности и очень важно с прокалыванием лунок, что значительно ускоряет процесс промораживания на необходимую глубину 25...40 см. Однако известным в настоящее время средствам механизации для прокалывания присущи такие недостатки, как высокая повреждаемость дорожного основания и выхват грунта вершинами шпор при выходе их из лунок.

Для исключения указанных выше недостатков разработана конструкция катка с двумя барабанами, оборудованными подвижными шпорами. Закономерность возвратно-поступательного перемещения шпор задается криволинейной формой окружной поверхности кулачков и способствует плавному заглублению шпор в дорожное основание и крутому их выходу. Всё это в сочетании с цилиндрической формой шпор исключает вероятность выхвата грунта их вершиной при выходе из лунок и значительно снижает повреждаемость растительного покрова дорожного основания.

Одной из важнейших задач обеспечения надежности предлагаемого катка с подвижными шпорами является обоснование величины геометрических размеров в поперечном сечении шпор и кулачковых валиков семикулачкового первого барабана и шестикулачкового второго барабана.

Наиболее опасным моментом, вызывающим изгиб шпоры, может быть вероятность наезда одной шпорой на препятствие оказавшееся на уровне окружающей поверхности дорожного основания. При этом, вся масса катка с балластом 100 кН подвесится на шпору, вышедшую на 50% по её длине из барабана в момент касания и упора её в поверхность препятствия (рисунок 1). Реакция на шпору  $R_B$  составит величину около 100 кН и спроектируется на нормаль к осевой линии шпоры в виде реакции  $R_B$  с плечом  $h$  равным  $\frac{1}{2}$  высоты шпоры ( $h = 24$  см) или  $h' = 12$  см.

Момент, изгибающий шпору, можно определить по уравнению [1]:

$$M_u = R_B \frac{h}{2} \cos \alpha .$$

Диаметр шпоры составит величину:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_u}{0,1[\sigma_{us}]}}$$

где  $[\sigma_{us}] = 190$  МПа – для стали 40Н; 250 МПа – для стали 40ХУ; 340 МПа – для стали 40ХМ39; 410 – для стали 40М48 (Н-нормализованная, У-улучшенная, Ц-цементарованная, М-закаленная с охлаждением в масле) [1].

Выбранная схема расчёта позволяет определить диаметр шпор в пределах 65...80 мм в зависимости от марки стали.

Построим эпюры изгибающих моментов  $M_u$  и поперечных сил  $Q$ , действующих на кулачковый валик первого барабана для случая наезда средней шпорой первого барабана на препятствие. Расчётную схему кулачкового валика можно представить как балку, шарнирно установленную на две опоры (рисунок 2) пролётом  $l$  приложена сила  $P = 100$  кН в средней части.

Опорные реакции балки будут равны:

$$R_A = R_B = \frac{P}{2}$$

Изгибающий момент и поперечная сила равны:

$$M_x = R_A \chi = \frac{P\chi}{2}; Q = R_A = \frac{P}{2}$$

Эпюры  $M_x$  и  $Q$  построены на рисунке 2.

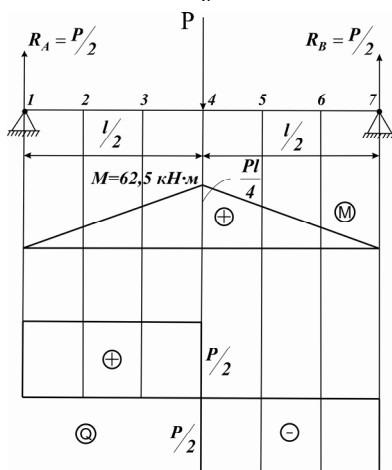


Рисунок 2 – Эпюры максимальных значений изгибающего момента и поперечной силы для первого барабана

Схему приложения силы, передаваемой третьей и четвертой шпорой через толкатели, и соответственно третий или четвертый кулачок на кулачковый валик можно представить как балку, круглого поперечного сечения АВ (рисунок 3) пролётом  $l$  прикладывается сила  $P$  в точках три или четыре.

Для обеспечения высокой надежности работы кулачкового валика второго барабана в случае максимальной вероятной нагрузки необходимо, чтобы  $\sigma_{max} \leq [\sigma_{us}]$ , отах определим по формуле (1).

Максимальный изгибающий момент в точке три будет равен максимальному изгибающему моменту в точке четыре. Момент сопротивления при изгибе определяем по формуле (2) и при диаметре кулачкового валика 0,12 м, имеем:  $W_\chi = 169 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ;  $\sigma_{max} = 386,6$  МПа (для стали 40М48).

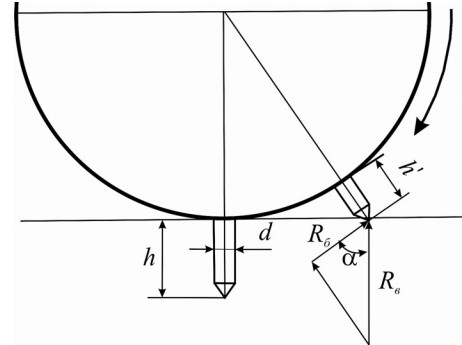


Рисунок 1 – Схема к расчёту шпор рабочего органа

Максимальное нормальное напряжение отах при изгибе в сечении средней части балки будет равно:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_\chi}, \quad (1)$$

где  $M_{max}$  – максимальный изгибающий момент, Н·м;

$W_\chi$  – момент сопротивления при изгибе,  $\text{м}^3$ .

$$W_\chi = \frac{\pi R^3}{4}, \quad (2)$$

При диаметре кулачкового валика равном 0,12 м:  $W_\chi = 169 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ ;  $\sigma_{max} = 386,6$  МПа (для стали 40М48).

Таким образом, прочность кулачкового валика первого барабана будет обеспечена при использовании для его изготовления стали 40М48.

Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для кулачкового валика второго барабана построены для двух случаев: первый случай (рисунок 3а) при наезде третьей шпорой на препятствие и второй, случай (рисунок 3б) при наезде четвертой шпорой на препятствие аналогичного типа.

Таким образом, прочность кулачкового валика второго барабана будет обеспечена при использовании для его изготовления стали 40М48.

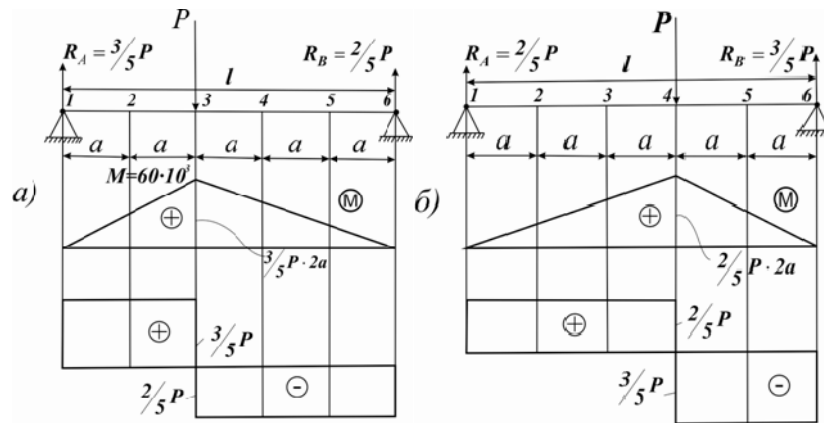


Рисунок 3 – Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил второго барабана.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т. / В.И. Анурьев. -М.: Машиностроение, 1982. -Т.1. -729 с. -Т.2. -584 с.

## РОЛЬ УСТЬЕВЫХ БАРОВ АРКТИЧЕСКИХ РЕК В ТРАНСПОРТНЫХ, РУСЛОВЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

И.В. Клишин

Научно обоснованы рекомендации существенного уменьшения объемов дноуглубительных работ на устьевых барах арктических рек с сохранением пропускной способности судоходных трасс и предупреждение ущерба рыбных запасов, а также бентосу и фитопланктону.

Устьевые бары арктических рек Якутии – Лены., Яны Индигирки., Колымы и других служат естественными барьерами на пути движения осадочных материалов между рекой и морем, активно влияющими на русловые переформирования в зоне слияния речных пресных вод с морскими солёными. Топография дна баров, ландшафт берегов и отмелей очень изменчивы и подвижны, что существенно влияет на проходные судоходные (транзитные) глубины и не в меньшей мере - на экологию рыб и других живых водных организмов – планктона и бентоса.

Проведённые в устьях арктических рек измерения плотности верхнего слоя донного аллювия на глубину до 0,5 м и в отдельных случаях до 1,0 м от линии раздела сред, которую эхолот показывает как чистую воду, показали следующие средние результаты: вода на линии раздела – плотность 1,054 кг/м<sup>3</sup>; донные отложения на глубине 0,1 м, плотность 1,11; донные отложения на глубине 0,2 м – плотность 1,11; на глубине 0,3 м – плотность 1,175; на глубине 0,4 м плотность 1,22; на глубине 0,5 м плотность 1,25.

Проводку судов при дефиците глубины до 0,5 м можно уверенно рекомендовать для всех арктических рек Сибири. Большие расхождения между осадкой судна и глубиной на баре пока можно считать допустимыми в особо критических ситуациях и гранулометрическом составе верхнего слоя аллювия, свойственным рекам Яне и Индигирке, где метод проверен в эксплуатационных условиях.

Предположение, что большегрузные глубоко сидящие суда могут передвигаться по заилённому фарватеру в устьях арктических рек многократно проверено на Янском и Индигирском барах по поведению судов следующих в жидкой илистой среде. Проверка проходила не только в экспериментальных рейсах, но и в обычном коммерческом судоходстве. Эта проверка убедительно показала следующее:

- существование физического порога между илом в жидкой консистенции и пластичным илом, который составляет приблизительно 1,22 плотности;
- этот порог соответствует безопасному проходу по судовому ходу со значением разности плотности 1,2;
- порог плотности, равный 1,22 соответствует эродируемой границе, с обеих сторон, которой законы размыва различны.

Главное достоинство и ценность результатов экспериментальных исследований состоит в том, что установлен факт образования на дне трёхслойного скопления выпавших в осадок частиц грунта и найден подход к определению толщины верхнего слоя, колеблющийся от 0,5 до 1 м, по сопоставлению плотности воды и водонасыщенного аллювия. Достоверная оценка толщины водонасыщенного, легко размываемого верхнего слоя из мелких частиц рыхлого америта и ила позволяет более рационально назначить проходную судоходную глубину в критических условиях и сократить затраты на дноуглубление и предупредить экологический и биологический ущерб.

Оригинальный подход к проводке большегрузных судов с осадкой превышающей глубину судового хода до 0,5 м решил острую проблему прохода флота в безопасные порты на реке в штормовую погоду и при внезапных ледовых явлениях, когда на внешнем морском рейде было слишком опасно, а уйти в отдалённые морские порты-убежища проблематично и рискованно. Изложенный маневр даёт ряд положительных эффектов: противоаварий, предотвращающих повреждение и гибель судов; экологически – путём предотвращения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов при авариях и большой сохранности рыбы и её кормовой базы, за счёт уменьшения площади и объёмов дноуглубления, создающего дополнительную мутность потока и механическое нарушение условий обитания биоценозов; экономический – от сокращения затрат на углубление судовых ходов и сокращения возможностей:

- рыбной ловли, поскольку оставляя верхний слой аллювия нетронутым;
- создаётся биологическая ситуация именно там, где происходят основной нерест и нагул рыбы и размножение полезных бактерий.

Натурные и лабораторные исследования показали, что расчет поля мутности в зоне смешения морских и речных вод имеет ряд существенных отличий в методике определения параметров, входящих в уравнение турбулентной диффузии.

Прежде всего, решающим фактором в процессе взвешивания и осаждения частиц грунта является гидравлическая крупность, которая для речных вод определяется по стандартным шкалам в зависимости от размеров частиц грунта.

Наиболее распространенные при морском дноуглублении илистые частицы при осаждении и взвешивании взаимодействуют с водой и друг с другом, в результате чего скорости осаждения, определенная по шкале и измеренная экспериментально, не совпадают [1].

Кроме особых условий по определению гидравлической крупности, расчет мутности при работе землесоса в морских условиях требует и другой, отличной от пресноводных условий рек и водохранилищ, методики определения коэффициента турбулентной диффузии. При работе на взморье необходимо учесть возрастание турбулизации водных масс при волнении, Повышенная турбулизация в этом случае обусловлена как взаимодействием знакопеременных колебательных движений водных масс с шероховатым дном, так и взаимным влиянием движения вихревых индивидуумов турбулентного потока и орбитальных перемещений жидкости, вызванных волнением. Можно считать, что интенсивность турбулентности, которая количественно характеризуется коэффициентом турбулентной диффузии, определяется суммарным эффектом переносного течения и знакопеременного волнового движения водных масс.

Для вышеописанного случая смешения морских и речных вод коэффициент турбулентной диффузии можно определить по следующим зависимостям:

$$D = \frac{(ch_e + \pi v T) d_s^{1/3}}{b T^{1/3}}, \quad (1)$$

где  $c$  – фазовая скорость волн;

$v_0$  – средняя по поперечному сечению инерционной струи скорость течения на расстоянии  $\ell$  от устьевового створа,



$$v_e = v_0 \exp\left(-\lambda \frac{\ell}{T}\right), \quad (2)$$

$v_0$  – средняя скорость потока в устьевом створе;

$T$  – средняя глубина потока в рассматриваемом створе;

$\lambda = \frac{2g}{C}$  – коэффициент гидравлического трения.

Расчет поля мутности в зоне смешения морских и речных вод предлагается выполнять с учетом вышеуказанных особенностей определения параметров по уравнению турбулентной диффузии, записываемому для условий установившегося процесса при пренебрежении поперечной и вертикальной составляющими скорости течения в виде дифференциального уравнения.

Последовательность расчета поля мутности в зоне смешения морских и речных вод сводится к следующему:

1 В расчетной области по плану участка определяется средняя глубина  $T$  в рассматриваемых створах.

2 С учетом средней температуры рассматриваемого периода дноуглубления и солёности вод на исследуемом участке взморья определяется гидравлическая крупность грунта  $\omega$ .

3 На основании характеристик грунта, слагающего дно участка, вычисляется коэффициент Шези  $C$  и коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ .

4 По известному расходу реки и площади поперечного сечения определяется средняя скорость потока в устьевом створе  $v_0$ .

5 При наличии волнения измеряются или рассчитываются по СНиП параметры волны: длина волны  $\lambda$ ; высота волны 1% обеспеченности  $h$ ; фазовая скорость  $c$ .

6 Производится разбиение расчетного участка на элементы со сторонами  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ . Каждому элементу присваивается свой индекс вдоль соответствующих осей координат: по оси  $x$  –  $k$ ; по оси  $y$  –  $n$ ; по оси  $z$  –  $m$ . Размеры элементов разбиения должны выбираться так, чтобы коэффициенты, стоящие в уравнении при соответствующих концентрациях не превышали единицы (для обеспечения сходимости итерационного процесса). Определяются глубины в каждом элементе сетки.

7 На основании зависимости (2) рассчитываются средние по поперечному сечению размеры инерционной струи, образующейся при впадении речного потока в море, скорости на каждом шаге сетки вдоль оси  $x$ .

8 В зависимости от расчетных условий определяется коэффициент турбулентной диффузии  $D$ ;  $h_B$  – высота волны 1% обеспеченности;  $\bar{v}$  – средняя скорость течения на участке распространения загрязнений;  $T$  – средняя глубина на этом участке;  $d_3$  – средний на участке эффективный диаметр донных отложений, определяемый по интегральному графику гранулометрического состава осредненной пробы грунта и соответствующий 50%-ному значению крупности частиц, мм;  $b$  – эмпирический коэффициент, принимаемый в зоне разрушения волн и прилегающей области 700, при удалении от волноприбойной зоны 350.

Фазовая скорость волн определяется в зависимости от средней глубины рассматриваемого участка:

– при  $T \geq 0,5\lambda$  (глубокая вода) 
$$c = \sqrt{\frac{g\lambda_e}{2\pi}},$$

где  $\lambda_e$  – длина волны;

– при  $T < 0,5\lambda$  (мелкая вода) 
$$c = \sqrt{g(T + h_e)}.$$

При расчетах концентрации на малых расстояниях от выпуска турбулентность может считаться изотропной, и коэффициент турбулентной диффузии следует определять при слабом ветровом волнении.

При расчетах концентрации взвешенных частиц на значительном удалении от места слива необходимо учитывать анизотропный характер турбулентности и вычислять горизонтальную составляющую коэффициента турбулентной диффузии на глубине от 10 до 100 м по формуле:

$$D = 100\bar{v}^2 \sqrt{\frac{T}{g}} \quad (3)$$

Тогда как вертикальную составляющую рекомендуется определять по вышеприведенной зависимости (1) с учетом ветровых условий.

Отличие в расчетах мутности на устьевом взморье рек связано также с определением скоростей течения. Здесь следует иметь в виду, что речной поток, выходя на устьевое взморье, сохраняет автономность на некотором расстоянии от устьевого створа. При этом он постепенно растекается по всем направлениям вследствие наличия поперечных уклонов водной поверхности. Зависимость, определяющая закон затухания скоростей инерционной струи при впадении речного потока в море может, оценен на малых расстояниях от места выпуска пульпы коэффициенту  $D$ .

Исследования процесса образования мутности и донных отложений на устьевых барах арктических рек позволили разработать предложения по организации проводки через бары большегрузных судов с осадкой больше проходной судоходной глубины по измерениям эхолотом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Долженко, Ю.А. Эффективность и экологическая безопасность обеспечения судоходных глубин на устьевых барах арктических рек Якутии / Ю.А. Долженко. -Новосибирск: Сиб. соглашение, 2005. -236 с.

## **РАДИОВОЛНОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В РАМКАХ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ СИБИРИ**

Институт водных и экологических проблем (ИВЭП)  
Сибирского отделения Российской академии наук  
ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного  
транспорта»

**А.С. Полянская, В.В. Шамова**

Переход России к новому этапу социально-экономических преобразований потребовал выработки долгосрочной стратегии развития экономики, ее социальной и производственной инфраструктуры, в том числе транспортной системы страны.

В современных условиях эксплуатации дорог России земляное полотно испытывает интенсивное воздействие нагрузок. В сочетании с влиянием множества техногенных, погодноклиматических и геологических факторов это приводит к возникновению в земляном полотне деформаций, в том числе создающих угрозу безопасности движения. На данном этапе большую ценность приобретает информация о качестве дорожного полотна, мостовых опор и перекрытий. Для получения подобного рода сведений необходимо использовать комплексный подход, одним из составляющих которого можно порекомендовать геофизический метод радиоволнового зондирования.

Метод радиоволнового зондирования (РВЗ) универсален и может использоваться в любых случаях, когда необходимо определить местоположение и классифицировать объекты и структуры искусственного и естественного происхождения, находящиеся под слоем диэлектрического материала. Представленная технология позволяет решать ряд задач, таких как определение типа грунта, выявление подземных пустот, различных действующих и заброшенных подземных сооружений, установления залегания глубин залегания грунтовых вод и верховодки и др. Данный метод успешно применялся при обследовании железнодорожных мостов и путепроводов на железных дорогах Сибири.

В Транспортной стратегии России на период до 2020 года, разработанной Минтрансом РФ, большое внимание уделено региональным аспектам транспортной политики, обеспечению единства экономического пространства страны, ускорению товародвижения, снижению удельных транспортных издержек в экономике, завершению формирования опорной транспортной сети, ликвидации диспропорций в развитии транспортной системы в рамках от-

дельных регионов страны.

На современном этапе развития дорожной сети Сибири большое значение приобретает качественная информация о их состоянии. При проектировании и строительстве нового дорожного полотна также необходимо иметь информацию о геологическом строении площадки строительства. Здесь на помощь может прийти геофизика, к сожалению, еще недостаточно развитая в нашей стране.

Свод правил СП-II-105-97 часть VI. Правила производства геофизических исследований рекомендует следующие методы: электромагнитный, сейсмоакустический, магниторазведочный и другие. Наиболее перспективным является метод радиоволнового зондирования (РВЗ). В отличие от других геофизических технологий используемый частотный диапазон (0,3-9,0 МГц) позволяет повысить разрешающую способность и детальность исследования, также есть принципиальная разница в методике измерений и интерпретации полученных данных. Метод позволяет получить полную картину залегания грунтов, распространения грунтовой влаги, зон уплотнения и разуплотнения в толще исследуемого массива. Бесспорным преимуществом метода является определение глубины погружения свай бесконтактным способом. Особенно эффективна данная технология для определения глубины погружения свай опор мостов на железных и автомобильных дорогах.

Вообще, аппаратура и методика предназначены для технического и технологического обеспечения наземного радиоволнового геосканирования применительно к задачам, гидрогеологии, инженерной геологии, горно-технических задач, геоэкологии геометризации недр в областях геологии и пр. Позволяет выявить подземные полости, пустоты, зоны разуплотнения и другие аномальные зоны в грунтовом массиве; определить влагонасыщенность исследуемого грунтового массива и определить уровень грунтовых вод. Данная информация необходима для проведения реконструкции железнодорожного полотна, автомобильных насыпей и проектирования новых. Значительным преимуществом геофизических исследований перед другими методами, включая бурение, состоит в том, что стоимость производства работ и их сроки значительно сокращаются. Для метода радиоволнового зондирования характерны следующие результаты. Глубинность исследования достигает 50 м, при максимальной погрешности измерений 10%, а скорость прохождения геофизического профиля в смену достигает 1000 пог. м.

Более подробно рассмотрим метод радиоволнового зондирования. Суть его заключается в том, что передающее устройство генерирует радиоволны в диапазоне от 0,3 до 9,0 МГц. Волна проходит в грунтовой массив и, отражаясь от границы раздела грунтов, возвращается на поверхность и регистрируется приемным устройством, оснащенным электронным запоминающим блоком. Далее приемное устройство переносится на следующий пикет и измерения повторяются.

После производства полевых работ данные, полученные в результате измерений, поступают на персональный компьютер и обрабатываются. При первичной обработке можно сразу установить была ли нарушена технология производства работ и верно ли выполнена съемка. Интерпретационной основой метода РВЗ является информация об электрофизических свойствах пород, слагающих верхнюю часть геологического разреза: поляризационный коэффициент, удельное сопротивление грунтовых слоев, коэффициент поглощения.

Следующим этапом идет обработка цифрового массива с визуализацией данных и построение геофизических профилей.

На завершающей стадии выполняется аналитическое описание, выявляются основные характеристики грунта по удельному электрическому сопротивлению, зоны повышенной влажности и аномалии в грунтовом массиве.

Данная технология была успешно применена на Западно-Сибирской и Красноярской железной дорогах.

В апреле 2008 года были проведены исследования на пути линии Обь-Проектная Западно-Сибирской железной дороги. Определены физико-механические свойства грунтового массива по параметрам влажности и плотности. Геофизический профиль со схематичным указанием свай и глубиной их погружения представлен на рисунке.

В ходе обследования путепровода определены глубины заложения фундаментов опор соответствующего железнодорожного путепровода, выполнено оконтуривание подошвы фундаментов опор в плане. Трещин и пустот в кладке исследуемых фундаментов опор моста не обнаружено. Аналогичные исследования успешно применялись на железных дорогах Сибири и Дальнего Востока. Методика показала хорошие результаты и может быть реко-

мендована для дальнейшего использования в работах и обследованиях.

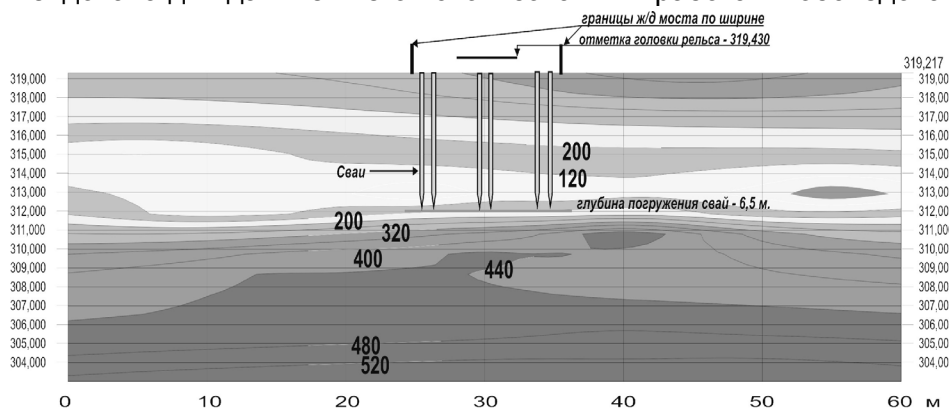


Рисунок 2 – Геофизический профиль с указанием глубины погружения свай

Определяющее влияние на подъем экономики регионов, особенно в районах нового освоения Сибири и Дальнего Востока, оказывают транспортные факторы: наличие транспортных коммуникаций, особенности начертания и степень развитости магистральной сети путей сообщения, состояние транспортных узлов,

терминалов, других объектов транспортно-логистической инфраструктуры и регионального транспортного комплекса в целом. На первый план выходит разветвленность дорожной сети и ее качество. Для получения достоверной информации о качественных характеристиках дорожного полотна необходимо использовать комплексные методы исследований, и как одну из составляющих можно порекомендовать геофизический метод радиоволнового зондирования.

## ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПОЛУЗАПРУД ПРИ ДВУСТОРОННЕМ СТЕСНЕНИИ ПОТОКА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.В. Панов

Результаты эксперимента.

Обеспечение нормального функционирования речного транспорта невозможно без осуществления комплекса путевых работ. В условиях применения выборочного выправления русла, задачи рационального расположения полузапруд на перекатах пока не имеют общего решения. Это, в первую очередь, относится к двустороннему стеснению русла полузапрудами. Примеры удачного применения двустороннего стеснения русла полузапрудами можно увидеть на реках Западной Европы: Рона и Луара в начале 20 века. В работах: К.В. Гришанина [1], В.В. Дегтярева [2], А.И. Седых [3], И.М. Коновалова [4], Ф.М. Чернышова [5] и др. приводятся примеры удачного использования выправления двустороннего стеснения русла, которое широко использовалось в 60-е годы прошлого столетия на реках: Тура, Тобол, Конда, Верхняя Лена и р. Белая.

Общее требование, которое ставится перед проектировщиками при проектировании схем расположения выправительных сооружений состоит в том, чтобы добиваться наибольшего эффекта с относительно наименьшим числом построенных сооружений.

Лабораторные исследования работы полузапруд при двустороннем стеснении русла, выполненные ранее И.М. Коноваловым и К.В. Гришаниным, не охватывают весь комплекс вопросов, решение которых позволило бы разработать методику гидравлического расчета. С этой целью нами были выполнены лабораторные исследования в гидравлическом лотке кафедры Водных путей, гидравлики и гидроэкологии НГАВТа. Параметры лотка: ширина – 130 см; длина – 35 м; высота бортов – 0,7 м.

Целью лабораторных исследований являлось:

- Изучение влияния двустороннего стеснения потока на его скоростной и уровенный режим;
- Обоснование плановой компоновки полузапруд при двустороннем стеснении потока в незатопленном состоянии при различных стеснениях и взаимных расположениях сооруже-

ний по противоположным береговым границам.

Гидравлические характеристики потока при экспериментах менялись в следующих диапазонах: расходы воды: от  $(2...20)10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ; средняя скорость набегающего потока: от 0,09...0,6 м/с; средняя глубина набегающего потока: от 0,025...0,4 м; число Рейнольдса 3680...15000; число Фруда 0,028...0,239; степень двустороннего стеснения потока 0,1...0,3; сооружения располагались под углом  $90^\circ$  к потоку; скорость течения измерялась трубкой Лосиевского А.И.; измерение уровней воды осуществлялось шпигенмасштабом с точностью 0,1 мм; расход воды измерялся с помощью мерных треугольников водосливов; положение поверхностных токов определялось с помощью парафиновых светящихся поплавков, а донных – с помощью игрозина и фиксировалось сверху фотоаппаратом Minolta Dimage 7i, установленным на высоте 6 м.

Общее количество проведенных опытов составило 126.

Лабораторные исследования выполнялись в следующей последовательности: при фиксированных: расходе и уровне воды изучалось двустороннее одиночное стеснение потока полузапрудками, расположенными напротив друг друга; фиксировалось положение поверхностных и донных токов фотографированием сверху; измерялись скорости течения на всем рабочем участке от верхнего створа, расположенного на 10 длин сооружений выше и на 2 м ниже нижних границ водоворотных областей; положение свободной поверхности фиксировалось по ширине и длине через 20 см; положение ниже расположенных сооружений за головными полузапрудками определялось экспериментально из условия прохождения граничных струй транзитного потока от головы верхнего до головы нижнего сооружения, что позволило установить гидравлически оптимальное расстояние между сооружениями в зависимости от степени стеснения и числа Фруда.

При этом дополнительным условием было недопустимость просадки уровня воды в межполузапрудном пространстве по отношению к бытовому его положению.

В опытах максимальное количество сооружений составляло четыре при двустороннем стеснении потока.

Обработка полученных данных позволила получить зависимости для расстояний между двумя сооружениями при двустороннем стеснении русла.

Зависимость  $L = f(Fr)$  имеет вид:

$$L = A \cdot Fr^4 + B \cdot Fr^3 + C \cdot Fr^2 + D \cdot Fr + E,$$
 где  $A, B, C, D, E$  – коэффициенты, зависящие от степени стеснения  $m$ ,

$$A = Aa \cdot m^2 + Ba \cdot m + Ca;$$

$$B = Ab \cdot m^2 + Bb \cdot m + Cb;$$

$$C = Ac \cdot m^2 + Bc \cdot m + Cc;$$

$$D = Ad \cdot m^2 + Bd \cdot m + Cd;$$

$$E = Ae \cdot m^2 + Be \cdot m + Ce.$$

Коэффициенты  $An...Cn$ , где  $n = a, b, \dots, e$  зависят от количества сооружений  $N = 1...4$ . Зависимость имеет вид:

$$An = AN^3 + BN^2 + CN + D,$$

значения коэффициентов представлены в таблице.

Таблица – Численные значения коэффициентов

Коэффициент	A	B	C	D
Aa	-10931	78763	-151171	-4116
Ba	4267,8	-29157	49586	13286
Ca	-390,64	2585,7	-4045,7	-1558,1
Ab	6022,2	-43038	82072	1335
Bb	-2284,6	15423	-25843	-7658,8
Cb	209,7	-1379,4	2150,9	846,87
Ac	-1134,1	8014,7	-15102	45,3
Bc	421,82	-2809,5	4634,7	1383
Cc	-39,746	260,87	-411,04	-136,3
Ad	82,283	-570,62	1049	-27,67
Bd	-31,043	203,32	-330,04	-81,98
Cd	3,1272	-20,592	33,403	5,692
Ae	-1,4667	9,7025	-16,946	-0,22
Be	0,6175	-3,8962	6,1967	1,329
Ce	-0,0845	0,5735	-1,0404	0,2432

По полученным зависимостям рассчитаны значения  $L_p$  для  $m$  от 0,1 до 0,3 и  $N$  от 1 до 4.

Средние квадратические отклонения  $\sigma$  для  $L_0$  и  $L_p$  составили:  $\sigma_{L_0} = 0,020$ ;  $\sigma_{L_p} = 0,019$ . Коэффициент корреляции  $r = 0,95$ , что позволяет считать связь между опытными и расчёт-

ными значениями  $L_0, L_p$  функциональными.

На основе полученных графических экспериментальных зависимостей разработана расчётная методика гидравлического обоснования системы полузапруд при двустороннем стеснении русла.

С целью проверки и уточнения полученных зависимостей были выполнены в навигацию 2007 года натурные исследования на р. Томь и р. Лена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гришанин, К.В. Динамика русловых потоков / К.В. Гришанин. -Л.: Гидрометеиздат, 1969. -428 с.

2 Дегтярев, В.В. Проектирование и эксплуатация выправительных сооружений на внутренних водных путях / В.В. Дегтярев. -М.: Транспорт, 1981. -224 с.

3 Седых, А.И. Морфометрические закономерности развития местных уширений русла и использование их при проектировании выправительных сооружений на реках: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Седых. -Омск, 1961. -256 с.

4 Коновалов, И.М. К теории турбулентных струй / И.М. Коновалов // Тр. ЛИВТа. -Л., 1956. -С. 3-10.

5 Седых, А.И. Путевые работы на судоходных реках / А.И. Седых, Ф.М. Чернышев, А.В. Кабанов. -М.: Транспорт, 1978. -328 с.

## **РОЛЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ В РАЗРАБОТКЕ И ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ**

Тамбовский государственный технический университет

**А.Ю. Павлинов, С.В. Пономарев**

Раскрывается важность проведения предварительной оценки в разработке и формировании СМК строительно-монтажной и проектной организации. Указаны основные этапы и направления при ее проведении. Правильно проведенная оценка - залог успешного, скорого и безболезненного внедрения системы соответствующей требованиям международного стандарта ISO 9001.

В настоящее время множество строительно-монтажных и проектных организаций испытывают потребность в лучшей организации контроля, управления и менеджмента выполняемых работ. В сложившейся ситуации для решения этой проблемы как нельзя лучше подходят требования стандарта ISO 9001:2000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2001) [1]. Выполнение этих требований позволят любой организации улучшить качество осуществляемых работ, уменьшить время и издержки при их выполнении и т.п. Время и средства, затраченные на разработку, внедрение и сертификацию системы менеджмента качества, несравнимы с тем эффектом, который дает система, соответствующая требованиям стандарта ISO 9001:2000.

При разработке системы менеджмента качества строительно-монтажной и проектной организации (СМИПО) нужно было учитывать несколько особенностей:

- большой типовой ряд конструкций, зданий и сооружений;
- высокий уровень ответственности при выполнении проектных работ;
- большое количество подпроцессов при выполнении строительно-монтажных работ;
- квалификацию персонала.

Все эти особенности необходимо было учитывать при разработке всей документации СМК, а также при создании системы менеджмента качества, которая в дальнейшем переросла в систему качественного менеджмента.

Этапы разработки, внедрения и сертификации системы менеджмента качества СМК представлены в таблице 1.

Рассмотрим первую часть таблицы 1: предварительная оценка состояния системы менеджмента качества.

Предварительная оценка это необходимый инструмент для того, чтобы определить состояние менеджмента качества, объем документации, имеющийся в организации, необхо-

## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

димые действия, которые помогут в кратчайшие сроки разработать и внедрить систему менеджмента качества.

Таблица 1 – Основные этапы разработки, внедрения и сертификации СМК

Этап работы	Результат
Предварительная оценка: – составление плана предварительной оценки; – проведение предварительной оценки; – составление отчета по результатам оценки и планирование корректирующих/предупреждающих действий	План разработки СМК
Разработка документации СМК: – разработка целей и политики в области качества; – разработка сети процессов; – разработка паспортов процессов; – разработка документированных процедур; – разработка руководства по качеству	Разработанная документация соответствует требованиям стандарта ISO 9001:2000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2001), максимально отражает действительную работу организации. Утверждение плана развертывания СМК
Развертывание разработанной СМК: – работа по документации СМК; – обучение внутренних аудиторов; – планирование проведения аудитов; – проведение внутренних аудитов	Принятие решения о подаче заявки в орган по сертификации.
Сертификационный аудит: – Предварительная оценка СМК организации и оценка адекватности документации органом по сертификации; – проведение сертификационного аудита (вынесение решения о сертификации)	Получение сертификата соответствия

По своей сути предварительная оценка напоминает внутренний аудит, только на этом этапе проверка соответствия проводится с учетом того, что на этот момент в СМиПО не определены основные или вспомогательные процессы и не разработаны документированные процедуры. При предварительной проверке определяется, соответствует ли работа подразделения тому или иному элементу СМК, а записи, которые ведутся, – записям требуемым стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (ISO 9001:2000).



Рисунок 1 – Приблизительная организационная структура СМиПО: ПКО-проектно-конструкторский отдел; ОТК-отдел технического контроля; ОиНТ-организация и нормирование труда; ОТиТБ-охрана труда и техники безопасности

Для разработки плана проведения предварительной оценки имеющегося уровня менеджмента в организации необходимо составить и утвердить организационную структуру. Практика показывает, что большинство СМиПО имеют приблизительно одинаковую структу-

## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

ру, которая наилучшим образом управляется высшим руководством, и наиболее соответствует требованиям международного стандарта (рисунок 1).

План предварительной оценки (таблица 2) содержит (для каждой должности и/или структурного подразделения) конкретные проверяемые элементы системы менеджмента качества и записи, предусматриваемые стандартом ISO 9001:2000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2001).

*Таблица 2 – План предварительной оценки*

Наименование должности, подразделения	Проверяемый элемент СМК по ISO 9001:2000	Проверяемые записи СМК по ISO 9001:2000
Коммерческий директор	4.2.3, 4.2.4, 5.4.2, 5.5, 5.6, 6, 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 8.2.1, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	5.6, 6, 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 8.2.4, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Специалист по маркетингу	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 5.6, 7.1, 7.2, 7.4, 8.2.1, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	5.6, 7.1, 7.2, 7.4, 8.2.1, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Менеджер по продажам	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 7.1, 7.4, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	7.1, 7.4, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Заведующий складом	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 6, 7.5, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	6, 7.5, 8.2.4, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Проектно-конструкторский отдел (ПКО)	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 5.6, 7.1, 7.3, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	5.6, 7.1, 7.3, 8.2.4, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Производственные цеха	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 7.1, 7.5, 7.6, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	7.1, 7.5, 7.6, 8.2.4, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Зам. ген. директора по экономике и финансам	4.2.3, 4.2.4, 5.4.2, 5.5, 5.6, 6, 7.1, 7.2, 8.2.1, 8.3, 8.4, 8.5.2, 8.5.3	5.6, 6, 7.1, 7.2, 8.3, 8.5.2, 8.5.3
Бухгалтерия	4.2.3, 4.2.4, 5.5, 5.6, 6, 7.1, 7.2, 8.3, 8.5.2, 8.5.3	5.6, 6, 7.1, 7.2, 8.3, 8.5.2, 8.5.3

При опросе руководителей и специалистов подразделений, выясняется, какие требования проверяемых элементов (записей) СМК выполняются (ведутся). На основании данных, полученных при проведении предварительной оценки соответствия, составляется перечень несоответствий с указанием конкретных действий по их устранению. Это можно представить в виде отчета по результатам проведения оценки (таблица 3). Для примера ниже приведены несоответствия и корректирующие действия, которые могут быть обнаружены и разработаны в отделе коммерческого директора.

*Таблица 3 – Отчет по проведению оценки соответствия*

Несоответствие	Корректирующее действие
1 Отсутствует должностная инструкция (5.5).	Разработать должностную инструкцию. В должностной инструкции установить требования к квалификации и взаимозаменяемость должности
2 Отсутствует статус утверждения перечня одобренных поставщиков (4.2.3).	Оформить и утвердить перечень одобренных поставщиков
3 Отсутствуют записи оценки (повторной оценки) и отбора поставщиков. (7.4)	Разработать лист оценки (повторной оценки) и выбора поставщиков по определенным критериям
4 Отсутствует реестр Приказов и другой распорядительной документации предприятия (4.2.3).	Разработать и ввести в действие Журнал регистрации приказов и распоряжений. Подлинники всех приказов и распоряжений (вместе с листом ознакомления) хранить в определенном для этого месте. Ответственным исполнителям выдавать копии под роспись
5 Отсутствует регистрация и учет входящей документации (4.2.3).	Вести Журнал входящей документации. Оригиналы всех входящих писем хранить в определенном для этого месте. Исполнителям выдавать копии писем под роспись
6 Отсутствует контроль исполнения входящей документации (4.2.3).	В Журнале входящей документации предусмотреть колонку для отметки исполнения в установленные и/или фактические сроки



## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Продолжение таблицы 3

Несоответствие	Корректирующее действие
7 Отсутствует номенклатура дел предприятия (4.2.3).	Разработать сводную номенклатуру дел предприятия, состоящую из номенклатур дел подразделений, и утвердить у генерального директора
8 Журнал регистрации заявок на расчет не имеет идентификационного номера, наименования, ответственного исполнителя за ведение и т.д. (4.2.3).	Указать номер и наименование в соответствии с номенклатурой дел подразделения, дату начала, дату окончания и ответственного исполнителя (наименование должности), ответственного за ведение дела
9 Отсутствует учет копий «заявок на расчет», передаваемых в смежные подразделения (4.2.3)	Проработать вопрос учета копий «заявок на расчет», передаваемых в смежные подразделения

В результате выполнения первого этапа составляется план разработки СМК, предусматривающий:

- разработку документации СМК;
- развертывание СМК;
- сертификацию СМК.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ Р ИСО 9001-2001 «Системы менеджмента качества. Требования»

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОВОДЬЯ НА АБСЦИССУ ГЛАВНОГО ВЕКТОРА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОРПУСНЫХ СИЛ СУДНА

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.Н. Черепанов

Результаты эксперимента.

В настоящее время в современной гидромеханике судна оценки влияния мелководья на абсциссу главного вектора гидродинамических корпусных сил (ГВГКС) носят противоречивый характер. При ровном мелководье, какое, как правило, моделируется в опытовых бассейнах, как утверждается в [1], гидродинамические усилия увеличиваются таким образом, что ГВГКС смещается в положительном направлении абсциссы судна. Это указывает на дестабилизирующее действие мелководья (ровного) на теоретическую устойчивость судна на курсе. Этот вывод согласуется с оценками судоводителей – на мелководье судно более рискованно.

Результаты исследований в канале (также с ровным мелководьем и ровными стенками каналов [2]) показывают, что влияние стенок канала оказывает стабилизирующее действие на теоретическую устойчивость судна на курсе. Этот вывод противоречит оценкам судоводителей, наблюдающим в практике известный из теории эффект «отрыскивания от мели» («эффект свободной воды»).

Это обстоятельство побудило автора, имеющего многолетний опыт вождения различных судов при различных навигационных условиях, произвести дополнительные исследования.

Для этой цели была использована модель грузового теплохода, изготовленная по теоретическому чертежу современного сухогрузного теплохода «Сибирский» пр. 972. Масштаб 1:35;  $L \times B \times T \times \delta = 3,52 \times 0,447 \times 0,1 \times 0,848$ ; водоизмещение  $V = 133$  кг; абсцисса центра масс  $x_c = 0,01$  м; диаметр винтов  $D = 0,05$  м; относительное удлинение рулей  $\lambda_R = 1,2$ ; площадь руля  $S_R = 0,0039$  м<sup>2</sup>.

Испытания были проведены методом «паравана». Точка подвески модели при таком методе является абсциссой ГВГКС, которая, по аналогии с теорией крыла, может быть названа центром давления (ЦД).

При проведении эксперимента фиксировалась абсцисса ЦД относительно нулевого теоретического шпангоута  $l_0$ , скорость модели  $v$  и угол дрейфа  $\beta$ . Поскольку при расчетах произвольного движения судна рассчитывается по траектории движения центра масс, соответствующим образом определялась абсцисса центра давления относительно центра масс

$$l_{\text{ЦД}} = 0,5L - x_c - l_0.$$

При установившемся движении модель автоматически устанавливалась под определенным углом дрейфа  $\beta$ , который фиксировался оператором по лимбу, установленному на подвеске.

В точке подвески в поточной системе координат с помощью предварительно оттарированных динамометров определялись продольная и поперечная силы  $X_D, Y_D$ . Так как в уравнениях произвольного движения судна используется система координат, связанная с судном, производился пересчет по формулам:

$$X_r = X_D \cos \beta - Y_D \sin \beta;$$

$$Y_r = X_D \sin \beta + Y_D \cos \beta.$$

Гидродинамический момент главного вектора гидродинамических сил вычислялся по формуле:

$$M_r = Y_r / l_{\text{ЦД}}.$$

Коэффициенты гидродинамических усилий вычислялись по формулам:

$$C_{Xr} = \frac{2X_r}{\rho v^2 L T}; C_{Yr} = \frac{2Y_r}{\rho v^2 L T}; C_{Mr} = \frac{2M_r}{\rho v^2 L^2 T}.$$

Относительное плечо действия главного вектора гидродинамических корпусных сил (ГВГКС) или ЦД рассчитывается по формуле

$$\bar{\ell}_{цд} = \ell_{цд} / L.$$

Для наглядности оценки влияния мелководья на абсциссу ЦД в бассейне была смонтирована площадка длиной 18 м, шириной 4 м, высотой 1 м. Площадка была смонтирована в районе 2/3 длины бассейна. Таким образом, за один проход модели предполагалось измерять угол ее дрейфа на глубокой воде и на мелководье. Испытания методом паравана однозначно показали, что мелководье оказывает на модель стабилизирующее действие, причем настолько значительное, что угол дрейфа резко уменьшается от, к примеру 15° на глубокой воде до нуля на мелководье. Модель при этом по инерции поворачивается в противоположную сторону. Для предотвращения этого эффекта применяется двухостровная схема подвески, когда на круговом шарнире закрепляется двухкомпонентный динамометр для измерения продольной и поперечной сил, а на щелевом шарнире (в сторону кормы корме) устанавливается динамометр для измерения поперечной силы. Испытания производятся в несколько заходов вблизи околонулевого показания однокомпонентного поперечного динамометра.

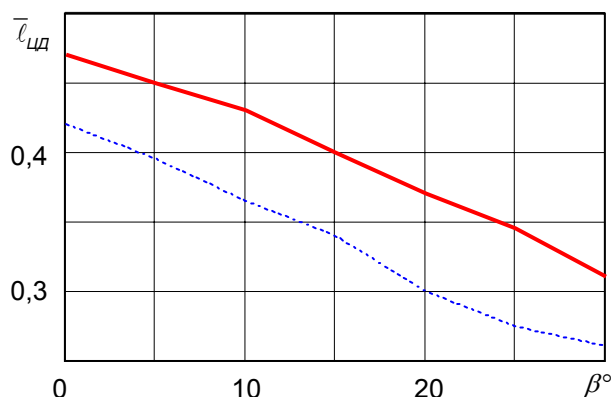


Рисунок — Относительное плечо ЦД

На рисунке приведены результаты испытаний на глубокой воде (сплошная линия) и мелководье при  $T/h_{\phi} = 0,67$  (штриховая линия).

Таким образом, как показали предварительные испытания, судно на ровном мелководье становится теоретически более устойчивым на курсе и движется на прямом курсе со все меньшим углом дрейфа, занимая меньшую полосу судового хода.

Как это обстоятельство отразится на поворотливости судов, покажут дальнейшие исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник по теории корабля. Т.3. -Л.: Судостроение, 1985. -539 с.
- 2 Вьюгов, В.В. Управляемость водоизмещающих речных судов / В.В. Вьюгов; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 1999. -260 с.

## КОНТУР ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТ GPS-ПРИЁМНИКОВ

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**В.А. Кац, Ю.А. Комаровский**

Описан новый метод оценки точности определения координат приёмником СРНС Навстар GPS. Этот метод ранее назван «контурным». На примере результатов обработки массива данных, полученных в ходе экспериментальных наблюдений за работой GPS-приёмника GP-37 в Уссурийской астрофизической обсерватории, сделано сравнение контура погрешностей с классическим эллипсом погрешностей.

Традиционно в навигации и в геодезии точность определения истинного места наблюдателя принято оценивать вероятностью попадания его внутрь фигуры с заданными размерами. Обычно в качестве таких фигур используются окружность или эллипс. Эллипс считается более предпочтительным, так как он даёт представление о направлении распределения погрешностей определения истинного места. Цель данной работы состоит в описании и применении способа расчётов иной фигуры погрешностей координат приёмника СРНС На-

встар GPS.

Априори считается, что величина радионавигационного параметра является случайной величиной, распределённой по закону Гаусса. Вследствие этого координаты точки пересечения изолиний также будут распределены по закону Гаусса [1]. Особенность определения координат GPS-приёмниками состоит в том, что в их алгоритмах работы отсутствует подход, основанный на изолиниях. Этот факт уже ставит под сомнение предположение о распределении обсервованных им координат по закону Гаусса. Поэтому необходим несколько иной подход к оценке точности координат. Он должен быть свободен от гипотез о законе распределения и виде статистической связи между координатами. Кроме того, такой подход и основанные на нём расчёты должны быть свободны от предположений о присутствии или отсутствии систематических погрешностей в определяемых координатах. Для объяснения предлагаемого способа 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 азимуту  $\alpha$ , который отсчитывается от северной части меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360°. Внутри  $i$ -того сектора содержится  $N_i$  обсерваций.

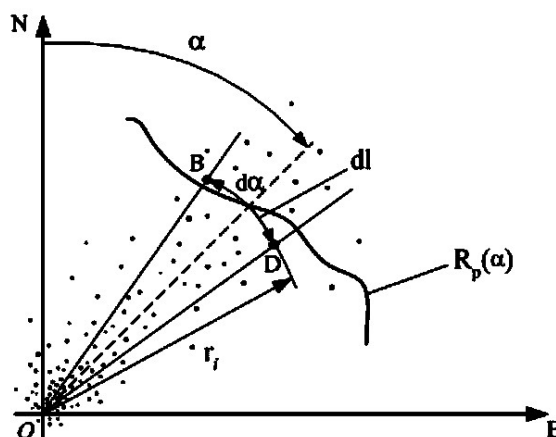


Рисунок 1 – Контурный метод оценки точности

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  $r$  говорит 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:

$$r = |r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_k|,$$

которые в общем случае имеют разные длины.

Если соединить прямыми линиями концы соседних радиусов, то получим замкнутую ломаную, форма которой характеризует распределение погрешностей определения места неподвижной антенны по любому избранному азимуту. Применение такой фигуры погрешностей предложено в работе [2], а метод оценки точности автором этой работы был назван контурным методом.

Так как число обсерваций, лежащих внутри ломаной линии, при заданной вероятности  $p_r$  равно  $\sum_{i=1}^k n_i$ , то отношение:  $\sum_{i=1}^k n_i / \sum_{i=1}^k N_i$ , где  $\sum_{i=1}^k N_i$  – общее число обсерваций, будет сходиться по вероятности к  $p_r$  при  $\sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty$ . Докажем это:

$$\lim_{N_i \rightarrow \infty} \frac{n_i}{N_i} = p_r \Rightarrow \frac{n_i}{N_i} = p_r + \alpha_i(N_i),$$

где  $\alpha_i(N_i) \rightarrow 0$  при  $N_i \rightarrow \infty$ .

Следовательно,  $n_i = p_r N_i + N_i \alpha_i(N_i)$  Отсюда:

$$\frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k N_i} = \frac{\sum_{i=1}^k p_r N_i + N_i \alpha_i(N_i)}{\sum_{i=1}^k N_i} = \frac{p_r \sum_{i=1}^k N_i}{\sum_{i=1}^k N_i} + \frac{\sum_{i=1}^k N_i \alpha_i(N_i)}{\sum_{i=1}^k N_i} = p_r + \beta$$

где 
$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^k N_i \alpha_i(N_i)}{\sum_{i=1}^k N_i}; |\beta| \leq \frac{\sum_{i=1}^k N_i |\alpha_i(N_i)|}{\sum_{i=1}^k N_i} \leq \frac{\max_{1 \leq i \leq k} |\alpha_i(N_i)| \times \sum_{i=1}^k N_i}{\sum_{i=1}^k N_i} = \max_{1 \leq i \leq k} |\alpha_i(N_i)|.$$

Если  $\min_{1 \leq i \leq k} N_i \rightarrow \infty$  при  $\sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty$  то, очевидно,  $\beta \rightarrow 0$  при  $\sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty$ , что эквивалентно

$$\frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k N_i} \rightarrow p_r \text{ при } \sum_{i=1}^k N_i \rightarrow \infty.$$

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 наблюдателя с заданной вероятностью  $p_r$ .

Для проверки пригодности предложенного контурного метода оценки точности, а также для сравнения его с традиционным методом, основанном на эллипсе погрешностей, были предприняты экспериментальные наблюдения. Наблюдения проводились летом с 21.07 по 7.08 и осенью с 18.10 по 2.11.2005 г. на территории Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН. Место проведения наблюдений выбрано из-за рельефа местности, отсутствия промышленных помех и близости пункта высокоточной геодезической GPS-сети Института прикладной математики ДВО РАН. Экспериментальная установка состояла из судового навигационного приёмника СРНС Навстар GP-37, изготовленного компанией Furigo, и ноутбука. Антенна приёмника летом и осенью закреплялась неподвижно в одной и той же точке на южном фронте здания автоматической целостатной установки. Координаты антенны в геодезической системе WGS-84, а также другие сопутствующие данные, непрерывно и круглосуточно через каждую секунду записывались на жёсткий диск ноутбука в стандарте NMEA 0183. Таким образом, летом было получено 1298761 наблюдение, а осенью – 1281650.

На первом этапе обработки из всех накопленных данных были выделены динамические части широт и долгот  $\varphi$  и  $\lambda$ , соответствующие каждой секунде наблюдений. Затем рассчитывались их средние значения  $x_0$  и  $y_0$ , а также точечные оценки средних квадратических отклонений (СКО)  $s_x$  и  $s_y$  для летних и осенних наблюдений. Явное неравенство СКО по осям координат позволили сделать вывод о вытянутости фигуры рассеивания вдоль меридиана. Наблюдались существенные отличия между летними и осенними СКО широт и долгот. Далее был проведён корреляционный анализ. Рассчитывались выборочные коэффициенты корреляции ( $\bar{r}$ ) по известным формулам [3]. Ранее предполагалось, что координаты, определяемые приёмником СРНС Навстар GPS, не коррелируются между собой. Полученные летом и осенью 2005 года исчерпывающие объёмы данных позволили рассчитать выборочные коэффициенты корреляции (ВКК) за каждый час наблюдений и по всем выборкам. Результаты расчётов оказались неожиданными. Часовые значения ВКК обнаруживают значительную изменчивость от часа к часу. Осенью наблюдались колебания величин ВКК от – 0,7307 до +0,8838 со средним значением +0,1429 и СКО, равным 0,3355. В летних наблюдениях часовые ВКК принимали значения от –0,5198 до +0,9096 со средним значением +0,2203 и СКО 0,3134. По полученным величинам ВКК были рассчитаны углы ориентации больших осей эллипсов погрешностей ( $\alpha_x$ ) для летних и осенних наблюдений. Значения рассчитанных осреднённых величин ВКК ( $\bar{r}$ ),  $\alpha$ , размеров полуосей эллипсов при вероятности попадания 0,68 и 0,95 для летних и осенних наблюдений помещены в таблице.

На последнем этапе обработки рассчитывались параметры контуров погрешностей. Для этого поверхность была разделена на 36 равных секторов по  $10^\circ$  каждый. Левая граница первого сектора совпадала с нордовой частью истинного меридиана. Секторы нумеровались по часовой стрелке. Затем было подсчитано общее число точек, координаты которых соответствовали данному сектору. При этом правая граница сектора ему не принадлежала. По каждому сектору отыскивался такой радиус-вектор, длина которого является большей высотой равнобедренного треугольника, площадь которого вмещает 95% от всех обсервованных точек данного сектора. Так были сформированы двумерные массивы, состоящие из азимутов биссектрис секторов и расстояний, соответствующих вероятности 0,95 попадания в данный треугольник. По этим данным были построены контуры погрешностей для летних и осенних наблюдений. На рисунке 2 они изображены сглаженными стандартными средствами пакета Excel. Для сравнения на контуры наложены соответствующие им эллипсы погрешностей, соответствующие вероятности 0,95.

Таблица – Параметры эллипсов погрешностей

Параметр	Лето	Осень
$\hat{r}$	+0,2236	+0,1097
$\alpha, ^\circ$	20,829	10,747
$a_{95}, \text{ м}$	1,6737	1,6783
$b_{95}, \text{ м}$	1,3051	1,2747
$a_{95}, \text{ м}$	4,0967	4,1081
$b_{95}, \text{ м}$	3,1945	3,1200

Общий вид контуров погрешностей не позволяет сделать заключение о симметричности их очертаний. Наблюдаются сходства и различия очертаний контуров. При их сравнении следует помнить о том, что чем больше модуль радиуса-вектора – тем ниже точность определения координат по направлению этого вектора. Сходство контуров заключается в общем ухудшении точности в направлении SSW в летних и в осенних наблюдениях. Контур погрешностей, соответствующий летним наблюдениям, имеет явное ухудшение точности в направлении ENE. В осенних наблюдениях ухудшение точности происходит в четвёртой четверти практически от W до N.

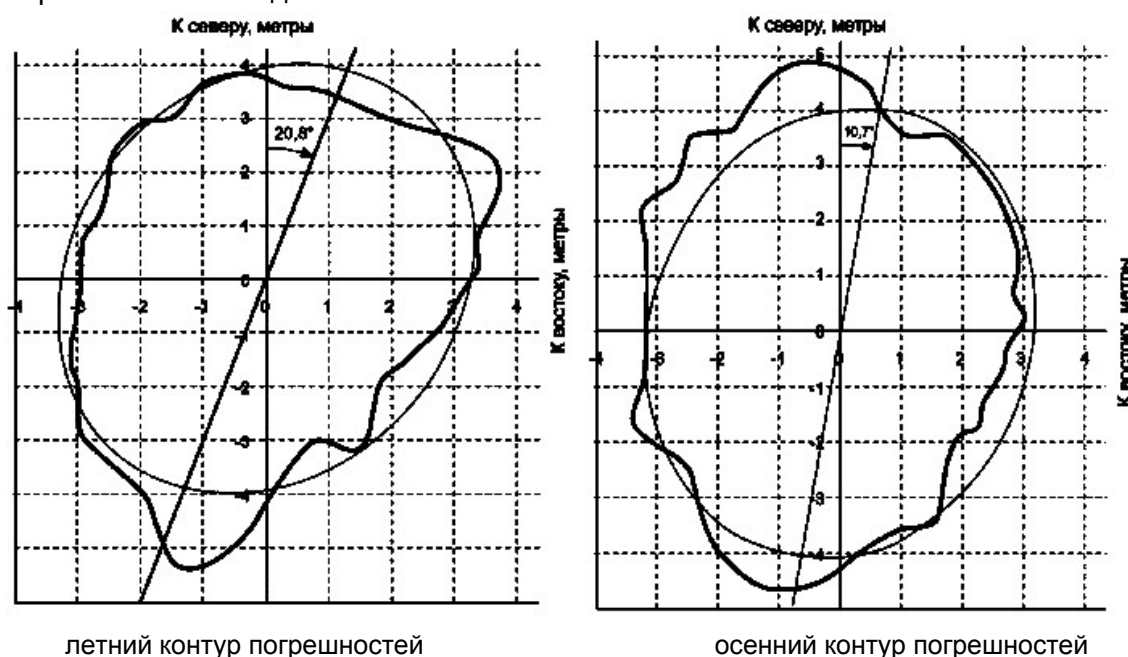


Рисунок 2 – Контуры погрешностей в наблюдениях 2005 года

Теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы и предложения дальнейших работ в этом направлении.

1 Расчёты параметров контуров погрешностей не требуют знания вида закона распределения координат, а процедуры вычислений параметров контуров погрешностей намного проще вычислений параметров эллипса погрешностей.

2 Контуры погрешностей и соответствующие им эллипсы погрешностей рассчитаны на довольно представительных выборках. На рисунке 2 видны явные несовпадения фигур контуров и соответствующих им эллипсов. Эти факты свидетельствует о том, что координаты, определяемые приёмником GP-37, распределены не по закону Гаусса. Следовательно, при-

менение этого закона для анализа погрешностей приёмников СРНС Навстар GPS не совсем корректно.

3 Необходимо выполнить отдельное исследование с целью определения вида функции распределения координат неподвижной антенны приёмника СРНС Навстар GPS. Для этого следует более тщательно подойти к выбору места наблюдений, где не будет препятствий распространению сигналов спутников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Белавин, О. В. Основы радионавигации / О.В. Белавин. -М.: Сов. радио. 1967. -471 с.

2 Комаровский, Ю. А. Контурный метод оценки точности ОМС приёмником СРНС Навстар GPS / Ю.А. Комаровский // Вест. морского гос. ун-та. Серия, Судовождение. - Владивосток, 2005. -Вып. 9. -С. 10-13.

3 Айвазян, С.А. Прикладная статистика: исследование зависимостей: справ. изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; под ред. С.А. Айвазяна. -М.: Финансы и статистика, 1985. -487 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ БОРТОВЫХ ТОРМОЗНЫХ ЩИТОВ ОТ УГЛА ИХ РАСКРЫТИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Д.И. Бобровский**

Результаты эксперимента.

К настоящему времени имеются отдельные данные [3], [4] об эффективности действия средств экстренного торможения судов, в частности тормозных щитов. Вопрос использования таких средств остается весьма важным в силу увеличения водоизмещения судов и общей тенденции повышения аварийности мирового флота из-за столкновений и других причин, где одну из главных ролей играют инерционные качества судов.

Один из вариантов конструкции бортовых тормозных щитов предложен Х.Е. Джейгером [7] и состоит в том, что в обычном положении щиты располагаются в водонепроницаемых нишах судового корпуса так, что их наружная кромка находится заподлицо с корпусом. Выдвижение и уборка щитов производится с помощью гидроцилиндров; управление осуществляется с мостика.

Второй вариант предложен Д.К. Земляновским [6]. Согласно ему, щиты навешиваются на борт с помощью шарнирных петель и в нормальном положении прижимаются к борту при помощи защелки. При необходимости экстренного торможения защелка с помощью дистанционно управляемого механизма сбрасывается, щит под действием пружинного или пневматического толкателя отходит от борта, после чего дальнейшее его раскрытие происходит под действием набегающего потока. Угол раскрытия щита регулируется с помощью троса, сматывающегося с барабана. После окончания торможения барабан приводится во вращение электромотором, и щит прижимается к борту.

Устройство, предложенное Д.К. Земляновским, выгодно отличается от проекта Х.Е. Джейгера своей простотой и отсутствием нежелательных ниш и вырезов в подводной части корпуса. Кроме того, приведение в действие выдвижных щитов осуществляется с помощью гидроцилиндров, что занимает весьма продолжительное время, тогда как при экстренном торможении необходимо по возможности быстрое их введение в работу, что обеспечивается конструкцией Д.К. Земляновского, которая и была использована в настоящей работе.

Целью данного исследования являлось уточнение зависимости коэффициента сопротивления раскрывающихся тормозных щитов от угла их раскрытия, а также определение данного коэффициента на мелководье, о чем на настоящее время данные отсутствуют.

Испытания проходили в прямом опытовом бассейне ФГОУ ВПО «НГАВТ», представ-

ляющем собой бетонную чашу длиной 69 м, шириной 6,9 м, с максимальной глубиной 3,4 м (глубина варьируется степенью наполнения бассейна). В нем смонтированы три дорожки с четырехколесными самоходными тележками и подвесными вертикально перемещаемыми гондолами. Тележки приводятся в движение системами «бесконечного» троса с помощью приводов, установленных в торцевой части бассейна. Измерение усилий на корпусе модели производится с помощью силового тензодинамометра.

Испытания проводились методом нулевого момента зарыскивания, в дальнейшем – методом «паравана», описанным в работе [1]. В эксперименте была использована модель теплохода «Сибирский» проект №292, размерения которой представлены в таблице.

При проведении эксперимента использовались модели щитов площадью 0,0108 м<sup>2</sup>, 0,0088 м<sup>2</sup>, 0,0067 м<sup>2</sup>, что в сумме составляет 50, 40 и 30% от площади погруженной части мидельшпангоута соответственно. Углы раскрытия щитов от носа к корме устанавливались: α=30, 60, 80 и 90°. Щиты размещались в трех положениях: в плоскости мидельшпангоута, в начале и в конце цилиндрической вставки. Испытания проходили на следующих глубинах: 0,5 м (t<sub>h</sub> = 0,2); 0,2 м (t<sub>h</sub> = 0,5); 0,15 м (t<sub>h</sub> = 0,667); 0,13 м (t<sub>h</sub> = 0,769); 0,12 м (t<sub>h</sub> = 0,833), где t<sub>h</sub> = T/h – отношение осадки модели к глубине.

Таблица – Размерения модели

Название	Численное значение
Масштабный коэффициент	35
Коэффициент полноты водоизмещения	0,848
Длина расчетная, м	3,54
Ширина расчетная, м	0,447
Осадка, м	0,10
Абсцисса центра величины, м	0,01
Масса модели порожнем, кг	28
Масса модели, загруженной по осадку 0,1 м, кг	133
Площадь погруженной части мидельшпангоута, м <sup>2</sup>	0,044

В начале испытаний были получены кривые сопротивления модели без щитов на разных глубинах. В дальнейшем снимались кривые сопротивления модели с щитами. При этом варьировались углы раскрытия щитов, место их установки по длине корпуса, площадь и глубина.

На рисунке 1 приведены кривые сопротивлений модели с щитами, установленными в носу, на миделе и в корме под углом раскрытия 90°.

Из рисунка 1 видно, что тормозной эффект щитов практически не зависит от размещения их по длине корпуса. Только щиты, установленные в носу имеют немного меньшее сопротивление по сравнению с остальными. Аналогичная картина наблюдалась и при остальных углах раскрытия щитов. Далее, по результатам самоходных испытаний, будет рассматриваться случай установки щитов с точки зрения оптимального выполнения маневра уклонения от внезапно возникшего навигационного препятствия или максимально эффективного уклонения от навала на берег.

Затем, имея кривые сопротивлений модели без щитов и со щитами при различных углах раскрытия, были получены кривые сопротивления щитов отдельно по выражению:

$$R_{щ} = R_{мщ} - R_m, \quad (1)$$

где R<sub>мщ</sub> – сопротивление модели со щитами;

R<sub>м</sub> – сопротивление модели без щитов;

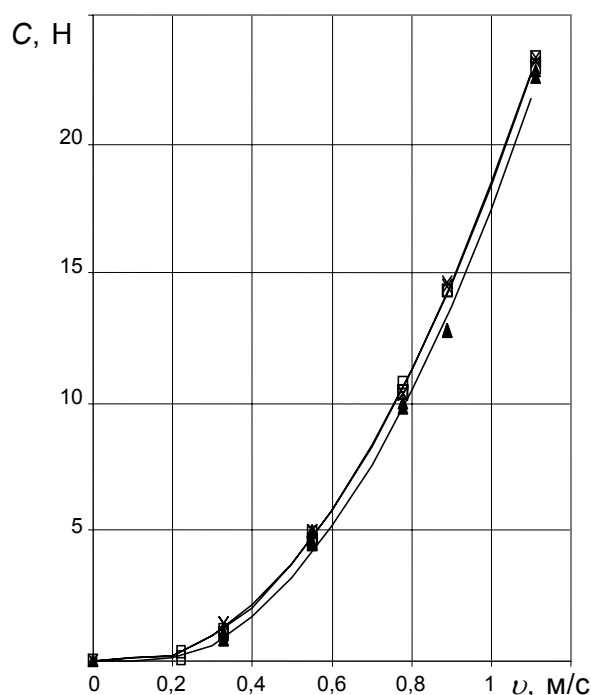


Рисунок 1 – Кривые сопротивлений: x - щиты, на миделе; Δ - щиты, в носу; □ - щиты, установленные в корме



Коэффициент сопротивления щитов подсчитывался по выражению:

$$C_{\omega} = \frac{2R_{\omega}}{\rho \cdot S_{\Sigma\omega} \cdot v^2}, \quad (2)$$

где  $S_{\Sigma\omega}$  – суммарная площадь щитов;  
 $v$  – скорость модели.

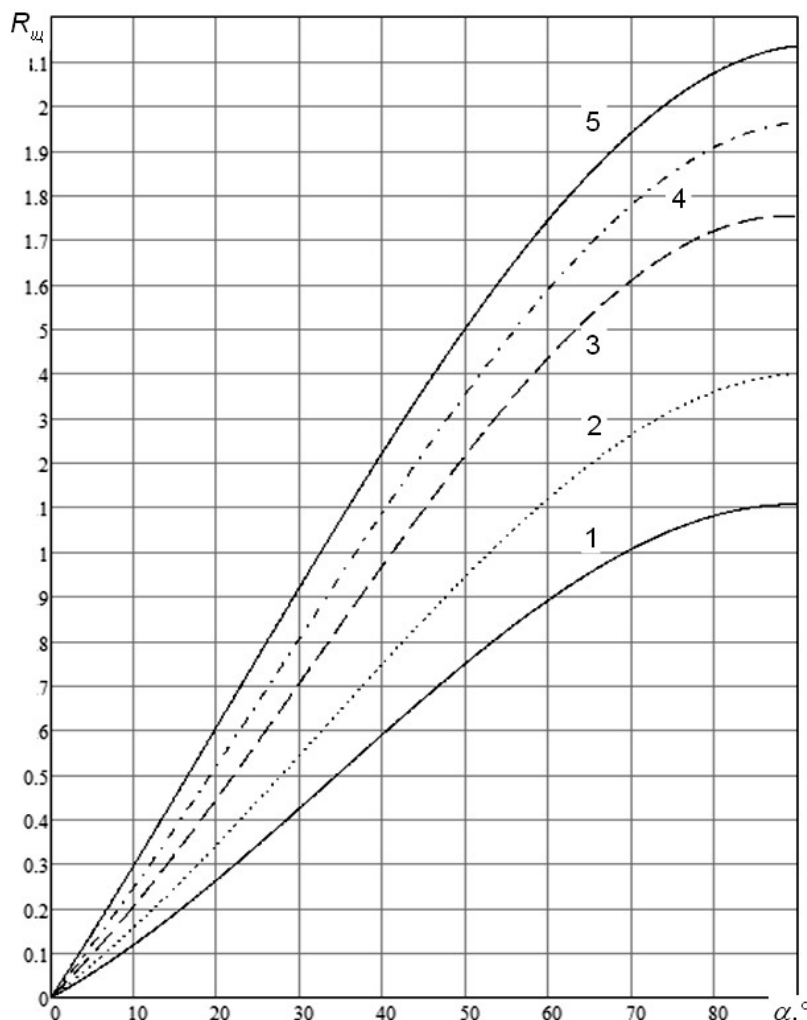


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента сопротивления щитов от угла раскрытия и относительной глубины  $th$ : 1-  $th=0,2$ ; 2-  $th=0,5$ ; 3-  $th=0,667$ ; 4-  $th=0,769$ ; 5-  $th=0,833$ .

При обработке результатов эксперимента использовались рекомендации [2, 5].

Таким образом, в ходе эксперимента было получено семейство кривых коэффициента сопротивления бортовых раскрывающихся щитов в зависимости от угла раскрытия и относительной глубины, приведенное на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что с уменьшением глубины коэффициент сопротивления тормозных щитов увеличивается, т.е. эффективность тормозных щитов на мелководе выше, чем на глубокой воде, что подтверждает целесообразность их применения на судах, работающих в стесненных условиях внутренних водных путей.

Результаты эксперимента будут использованы при разработке общей математической модели произвольного движения судов, оборудованных тормозными щитами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Вьюгов, В.В. Управляемость водоизмещающих речных судов / В.В. Вьюгов; Новосибир. гос. акад. вод. трансп. - Новосибирск: НГАВТ, 1999. -

260 с.

2 Гутер, Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта / Р.С. Гутер, Б.В. Овчинский. -М.: Физматгиз, 1962. -356 с.

3 Павленко, В.Г. Элементы теории судовождения на внутренних водных путях: инерционные качества речных судов и составов / В.Г. Павленко. -М.: Транспорт, 1971. -144 с.

4 Алоп, А.Р. К вопросу о методике расчета эффективности средств экстренного торможения судов и составов / А.Р. Алоп // Труды / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. -Новосибирск, 1980. -Вып. 152: Гидромеханика судна и судовождение/ -С. 53-56.

5 Павленко, В.Г. Математические методы обработки экспериментальных данных / В.Г. Павленко, О.И. Гордеев. -Новосибирск, 1972. -138 с.

6 Земляновский, Д.К. Пути улучшения инерционных качеств судов / Д.К. Земляновский // Материалы XII научно-технической конференции НИИВТа. -Новосибирск, 1969. -С. 179-181.

7 Jaeger, H.E. The braking of barge vessels, International / H.E. Jaeger // Shipbuilding Progress. -1963. -Vol . 10, №108.

## **АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ УДЕРЖАНИЯ СУДНА НА ЗАДАННОЙ ЛИНИИ ПУТИ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПО УКЛОНЕНИЯМ, ВЫРАБАТЫВАЕМЫМ СУДОВОЙ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРОЙ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Г.С. Гридасов**

Оцениваются особенности поведения судна при движении по/против течения, по вариантам загрузки и в зависимости от судоводительского опыта, а также влияние этих факторов на точность управления судном по уклонениям от заданной линии пути с использованием функций электронных картографических систем

Современное судоходство на внутренних водных путях (ВВП) может использовать информацию спутниковых радионавигационных систем (СРНС) и функции электронных картографических систем (ЭКС) для ориентирования движения судна по заданной линии пути (ЗЛП) [1, 2], принимая решение о перекладке руля на основе величины уклонения от ЗЛП, текущему направлению и скорости изменения направления вектора пути, а также характеру изменения линии пройденного пути на экране ЭКС.

В период летней навигации 2005 года на реках Волга и Дон автору удалось успешно осуществить и использовать управление судном по уклонениям от ЗЛП и вектору пути с помощью функций ЭКС [3].

На следующем этапе возникла задача оценки точности удержания судна на ЗЛП при различных условиях плавания, обусловленных различными факторами, влияющими на управление судном. К этим факторам следует отнести влияние ветра различной силы на разных курсовых углах; варианты загрузки судна (в грузу или в балласте); направление течения (по или против течения); влияние различных свальных течений; управление судном разными судоводителями.

Перед началом проведения экспериментов было проведено практическое обучение всех помощников капитана методу управления по уклонениям от ЗЛП с использованием ЭКС.

В летнюю навигацию 2006 г. в устье реки Волга на участке от границы порта Астрахань до порта Оля на танкере «Дахи Бюль-Бюль» смешанного река-море плавания, дедвейтом 6444 т, были проведены 10 экспериментов управления судном по уклонениям от ЗЛП и вектору пути с использованием функций ЭКС. Было выполнено пять проходов участка по течению и пять – против течения. В эксперименте были задействованы разные судоводители: старший помощник капитана, 2-й и 3-й помощники капитана – каждый в свою вахту в зависимости от времени прохождения участка реки. Результаты проходов фиксировались ЭКС, и в процессе последующей обработки сравнивались с ЗЛП.

По этой информации построены интервальные вариационные ряды (ширина интервала 15 м, близкая к ширине судна 16,5 м), позволяющие выявить закономерности распределения уклонений по интервалам, построены гистограммы и вычислены некоторые статистические характеристики: минимум и максимум уклонения, средняя арифметическая и средняя квадратическая величина уклонения от ЗЛП, дисперсия, асимметрия и эксцесс.

В отдельных случаях отходы от ЗЛП совершались по указанию лоцмана и не были связаны с задачей расхождения. К сожалению, зафиксировать эти преднамеренные отходы от ЗЛП не удалось. Однако, они совершались на достаточно большое расстояние от ЗЛП и их можно выделить, например, методом «трех сигма», используемым в статистике и теории вероятностей для выявления неслучайных отклонений. Системное применение этого приема позволило освободить вариационные ряды от преднамеренных отходов судна от ЗЛП.

Вычисленные значения статистических моментов высших порядков и вид частных гистограмм показали, что выполненные проходы содержат большое количество факторов, влияющих на суммарные результаты. Это выдвигает задачу тщательного анализа результатов экспериментов с учетом различных факторов, из которых пока что удается выделить: направление течения, загрузку судна, персоналии.

В результате сортировки исходные данные переформированы и представлены в виде

## СУДОВОЖДЕНИЕ

таблицы. По результатам сортировки построены гистограммы (таблица 1), помогающие увидеть закономерности распределения уклонений.

Таблица 1 – Результаты статистических характеристик после сортировки их по значимым факторам

Гистограмма распределения уклонений	$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{\text{ср}}$	$D_{\text{ср.кв.}}$	Асимметрия	Эксцесс	Дисперсия
Старший помощник капитана (против течения, в грузу)							
	47,5	-45,3	-0,5	17,6	-0,14	-0,09	309
	58,9	-48,8	4,1	20,4	0,18	0,04	416
	44,0	-41,2	-1,8	15,9	0,17	0,01	254
Третий помощник капитана (против течения, в грузу)							
	64,4	-31,8	6,6	18,3	1,00	2,04	335
	58,3	-46,6	-2,5	20,7	0,58	1,23	429
Старший помощник капитана (по течению, в грузу)							
	32,9	-39,6	-5,2	15,3	0,31	-0,31	233
Второй помощник капитана (по течению, в грузу)							
	65,0	-60,6	-2,3	24,3	0,17	0,43	592
	38,1	-32,1	1,1	14,6	0,16	-0,19	212
Третий помощник капитана (по течению, в грузу)							
	47,8	-33,7	4,1	19,3	0,67	-0,12	372

*Продолжение таблицы 1*

Гистограмма распределения уклонов	$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{\text{ср}}$	$D_{\text{ср.кв.}}$	Асимметрия	Эксцесс	Дисперсия
Третий помощник капитана (по течению, в грузу)							
	63,2	-58,3	1,5	20,7	-0,13	0,52	430
	43,2	-54,5	-2,9	18,4	0,06	0,21	339

Полученные из таблицы результаты усреднены по прохождением для каждого судоводителя. Из них видно, что лучшие результаты при движении в грузу против течения достигнуты старшим помощником капитана. Лучшие результаты при движении в грузу по течению также получены у старшего помощника капитана.

Суммарные осредненные величины СКО: при движении судна в грузу против течения 18,6 м, по течению 18,8 м. Из них видно, что при движении по течению судно управляется несколько хуже.

В балласте получены результаты всего двух прохождений, причем одно из них по течению, другое против течения, поэтому они не пригодны для сравнения между собой. Однако, сравнивая результаты, полученные при движении по течению старшим помощником капитана для судна в грузу и в балласте, видно, что СКО в балласте более чем вдвое превышает СКО в грузу. Сравнивая результаты третьего помощника капитана в грузу и в балласте против течения, находим, что СКО в балласте в 1,5 раза превышает СКО в грузу. Таким образом, очевиден общий вывод, касающийся управляемости судна в зависимости от загрузки: судно в грузу управляется лучше.

Анализ по персоналиям позволяет установить следующие средние результаты по СКО:

– в грузу против течения у старшего помощника капитана – 18,0 м, у третьего помощника капитана – 19,5 м;

– в грузу по течению у старшего помощника капитана – 15,3 м, у третьего помощника капитана – 19,5 м, у второго помощника капитана – 19,5 м.

Сравнение показывает, что лучшие результаты достигнуты старшим помощником капитана, т.е. общий судоводительский опыт позволяет получать лучшие результаты

На основании полученных результатов экспериментальных прохождений судна в грузу по и против течения, построены суммарные гистограммы и вычислены их статистические характеристики. В таблице 2 представлены суммарная гистограмма и статистические характеристики для судна в грузу при движении по и против течения.

Сравнивая суммарные гистограммы, обращает на себя внимание гистограмма (по течению, в грузу), которая отличается асимметричностью относительно нулевого значения. Максимальное число точек этой гистограммы попадает в интервал [-22,5;-7,5). Это говорит о том, что движение судна происходило с продолжительными уклонами влево.

На это могли повлиять следующие факторы: ветер, направленный в левый борт судна; неравномерное количество поворотов на данном участке; возможные свальные течения справа по направлению движения; неравномерность упоров левого и правого винта. Из приведенного перечня выявлено, что во время проведения экспериментов левый винт судна работал с меньшим упором из-за неправильной регулировки тахометров.

Но при движении против течения суммарная гистограмма практически симметрична относительно нуля. Это можно объяснить тем, что при движении судна против течения набор взаимодействующих факторов взаимно компенсировался, что и привело к выравниванию суммарной гистограммы.

Полученные в суммарных гистограммах данные могут быть использованы как эталон

первого приближения для управления судном по ЗЛП и вектору пути с использованием ЭКС. Эталоны могут использоваться для оценки результативности тренажерной подготовки судоводителей при управлении судном по уклонениям от ЗЛП с использованием функций ЭКС.

Таблица 2 – Результаты статистических характеристик для суммарных гистограмм

Гистограмма распределения уклонений	$D_{max}$	$D_{min}$	$D_{cp}$	$D_{cp.kв.}$	Асимметрия	Эксцесс	Дисперсия
Суммарная гистограмма (против течения, в грузу)							
	64,4	-48,8	1,2	18,6	0,36	0,65	349
Суммарная гистограмма (по течению, в грузу)							
	65,0	-60,6	-0,6	18,8	0,21	0,09	363

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сичкарев, В.И. Проблемы спутниковой навигации на ВВП / В.И. Сичкарев // Судовождение-2002: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2002. -С. 5-18.
- 2 Сичкарев, В.И. Спутниковая навигация на ВВП с технологией судовождения по уклонениям: точность движения по заданной линии пути / В.И. Сичкарев, В.Е. Дмитриев // Судовождение-2002: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2002. -С. 19-34.
- 3 Гридасов, Г.С. Первые опыты практического управления судном на реке по уклонениям от заданной линии пути и вектору пути, с использованием функций ЭКС / Г.С. Гридасов // Судовождение-2006: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск, 2006. -С. 129-133.

## **ПАРАМЕТРЫ СИНОПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ЗОНЫ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ И ЗОНЫ ОПАСНОГО ВОЛНЕНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**А.П. Маркин**

Рассматривается новая статистическая информация о параметрах синоптических объектов и их зон максимального волнения и зон опасного волнения (с  $h_{1/3} = 4$  м) в северной части Тихого океана за период наибольшей штормовой активности региона с января по март 2006 г.

Эксплуатация морских судов и особенно судов смешанного плавания (СП) за последние годы показала, что не всё в этом вопросе обстоит благополучно. В 2006-2007 гг. допущен ряд аварий и кораблекрушений с гибелью членов экипажа судов, основной причиной которых является недостаточная проработка маршрута перехода, неучёт гидрометеорологических условий, неправильная, а порой безграмотная оценка предстоящих условий плавания.

Основным параметром, по которому ограничиваются мореходные качества судна, является высота волны. Согласно Российского Морского Регистра Судоходства (РС), ограничением для судов СП является высота волны трёхпроцентной обеспеченности  $h_{3\%} \approx 5$  м или в пересчёте на высоты значительных волн  $h_{1/3} = 4$  м.

Морские суда неограниченного района плавания также не могут не учитывать в рейсе гидрометеорологических условий, подтверждением чего является статистика гибели и ава-

рийности морских судов по гидрометеорологическим причинам. Наибольшую опасность для этой группы судов представляет волнение, при котором движение данным курсом становится нецелесообразным или опасным по различным и многообразным причинам воздействия волнения на судно. Волнение такой интенсивности наиболее вероятно в зонах максимума волнения (ЗМВ) синоптических объектов (циклонов, антициклонов, стыков между циклонами и антициклонами), или в прилегающих к ним областях.

Таким образом, нормальная эксплуатация различных групп судов в волновом поле синоптических объектов (СО) будет определяться двумя различными зонами волновых полей: для морских судов – это зоны максимума волнения, для судов смешанного плавания с ограниченной мореходностью – это зоны опасного волнения (ЗОВ)  $h_{1/3} = 4$  м.

В настоящее время навигационные пособия по гидрометеорологическим условиям на акваториях Мирового океана и его частей не содержат информации по выделенным нами зонам волновых полей, поэтому становится актуальным проведение дополнительных исследований различных зон волновых полей синоптических объектов в их причинно-следственной связи с характеристиками этих синоптических объектов.

Такое исследование было проведено по факсимильным картам приземного анализа ASAS и анализа волнения AWPN японского метеорологического агентства JMH на одинаковые сроки наблюдения UTC=00.00 (это соответствует дневным условиям в районе наблюдений, что повышает их достоверность) за период наибольшей штормовой активности с января по март 2006 г.

Всего в исследуемом районе выявлено 190 синоптических объектов, в которых обнаружено 283 зоны максимума волнения и соответствующее количество зон опасного волнения.

Исходная информация снималась с карт ASAS и AWPN в виде данных о сроке наблюдения, типе и координатах центра синоптического объекта, атмосферном давлении в его центре и суточном изменении давления, о векторе скорости СО, числе замкнутых и сопряженно-замкнутых изобар, о характеристиках зоны максимума волнения (смещение центра ЗМВ от центра СО по направлению и величине, максимальный  $D_{max}$  и ортогональный ему размер  $D_{min}$  ЗМВ, ориентация оси ЗМВ, высота значительных волн  $h_{1/3}$  в ЗМВ), о характеристиках зоны опасного волнения (соответствие размеров ЗОВ числу сопряженно-замкнутых изобар, максимальный  $D_{max}$  и минимальный  $D_{min}$  размеры ЗОВ), а также важные примечания.

Обработка данных позволила получить ряд новых, интересных для судовождения, свойств самих синоптических объектов и их ЗМВ и ЗОВ.

Пространственное распределение циклонов и антициклонов за январь-март месяцы 2006 г. отображено на рисунке 1.

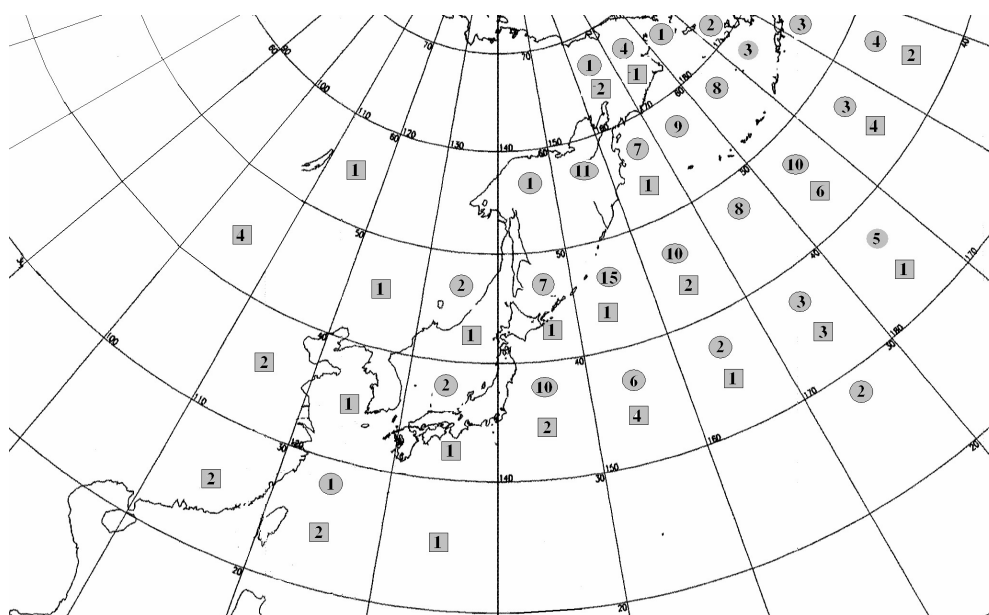


Рисунок 1 – Пространственное распределение циклонов  $\circ$  и антициклонов  $\square$  в северной части Тихого океана за период январь-март 2006 г.

Представим некоторые наиболее характерные детали анализа синоптических процессов на исследуемой акватории.

В большинстве случаев преобладают циклоны с давлением в центре 980-990 гПа со скоростью перемещения 15-20 узлов с увеличением до 30 узлов. Суточные изменения атмосферного давления в пределах -5-0+5 гПа.

Антициклоны преобладают с давлением 1030-1040 гПа, скорость передвижения 0-5 узлов, т.е. преобладают медленные антициклоны; в отдельных случаях скорость увеличивается до 20 узлов. Характер изменения давления за сутки аналогично, как и в циклоне.

Распределение циклонов и антициклонов по направлениям движения выглядит следующим образом:

– мода направления движения циклонов находится в пределах 40°-60°, достаточно вероятны направления движения от 20° до 100°. В NW части Тихого океана вероятны циклоны с направлением движения 0°-360°. Антициклоны движутся, как правило, в направлении 60°-80°.

Рассмотрим характеристики зон максимумов волнения СО.

Наиболее вероятны зоны максимума волнения в широтном поясе 30-55°N. Для судоводителей представляет интерес информация о распределении зон максимумов волнения по курсовым углам и расстояниям от центра барического образования относительно пути их перемещения. Выявлено следующее: у циклонов имеются два максимума волнения на  $KУ = 120° \div 140°$  и  $KУ = -160° \div -180°$  с отстоянием от центра 4°-6° дуги меридиана, а в отдельных случаях может достигать до 20°-22°.

В антициклонах максимум волнения приходится на  $KУ = 80°-100°$  с удалением от центра 10°-12°. Интересно то, что в антициклонах центры зон максимума волнения ближе 4° за указанный период не наблюдались.

Распределение высот значительных волн  $h_{1/3}$  в зонах максимума волнения выглядит следующим образом: мода приходится на 5-6 метровые волны в циклоне, в отдельных случаях они могут достигать значения до 12-14 метров.

В антициклонах наиболее вероятны волны высотой 4-5 м, но могут достигать значения до 8 м.

Конфигурация зон максимума волнения выглядит довольно разнообразно, в большинстве случаев – выпуклой формы, что подтверждают многие карты анализа волнения. В данном случае при таких формах зоны максимума волнения можно выделить направления по большой и малой оси, а также ориентации большой оси ( $A_0$ ), под которой понимается направление большой оси, приблизительно совпадающее с направлением распространения волн в ЗМВ. Моды распределения ориентации большой оси ЗМВ в циклонах приходится на  $A_0 = 80° \div 100°$ , но может находиться и в пределах 40°-120° по направлению. В антициклонах наиболее вероятная ориентация оси по направлению составляет  $A_0 = 240° \div 260°$ , т.е. в тыловой юго-

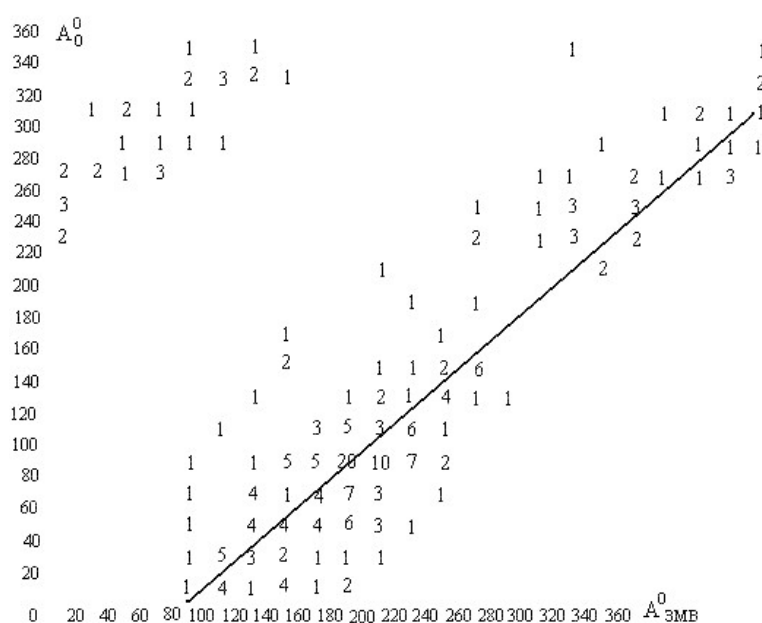


Рисунок 2 – Двумерное распределение ориентации большой оси ЗМВ в зависимости от расположения ЗМВ в циклоне

западной, западной части антициклона, которая, как правило, сопряжена с передней частью циклона.

Двумерное распределение ориентации большой оси ЗМВ по направлению ( $A_0$ ) и расположению ЗМВ относительно центра циклона представлено на рисунке 2, где прослежива-

ется наиболее вероятная ориентация большой оси ЗМВ по направлению  $A_{ЗМВ} = 80^\circ \div 100^\circ$  в ЗМВ, расположенных относительно центра циклона по направлению  $A_{ЗМВ} = 180^\circ \div 240^\circ$ . В антициклонах – по направлению  $A_0 = 240^\circ \div 280^\circ$  в ЗМВ, расположенных относительно центра антициклона по направлению  $A_{ЗМВ} = 160^\circ \div 220^\circ$ .

Наиболее вероятны распределения размеров ЗМВ в циклонах от  $D_{\min} = 2^\circ \div 4^\circ$  до  $D_{\min} = 1^\circ \div 5^\circ$ .

В антициклонах вероятный размер ЗМВ составляет от  $D_{\min} = 2^\circ \div 3^\circ$  до  $D_{\min} = 3^\circ \div 5^\circ$ .

Рассмотрены зоны опасного волнения (ЗОВ), которые, как уже упоминалось, для судов СП определены по величине  $h_{1/3} = 4$  м. Анализируя карты AWPН, можно увидеть, что эти зоны занимают большие площади и выглядят различными по виду формами: округлые, выпуклые, вытянутые, и даже сложной выпукло-вогнутой формы (бесформенные). Анализ форм и размеров зон опасного волнения синоптических объектов можно представить в виде распределения  $D_{\min}$ , соотношением  $D_{\max}/D_{\min}$  с  $D_{\min}$ , распределением  $D_{\max}/D_{\min}$  и двумерным распределением  $D_{\max}/D_{\min}$ ,  $D_{\min}$ .

Исходя их полученных распределений, можно сделать некоторые выводы: наиболее вероятны минимальные размеры зон опасного волнения  $D_{\min} = 5^\circ \div 15^\circ$ , в отдельных случаях они могут достигать более значительных размеров – до  $40^\circ$ . Наиболее вероятно отношение  $D_{\max}/D_{\min} = 1 \div 2$ , оно может достигать значений  $2 \div 3$ . Данные цифры говорят о том, что максимальные размеры ЗОВ могут превышать минимальные в 2-3 раза и наиболее вероятное сочетание,  $D_{\min}$  и  $D_{\max}/D_{\min}$  находится в пределах  $D_{\min} = 5^\circ \div 20^\circ$ ,  $D_{\max}/D_{\min} = 1 \div 3$ .

Таким образом, проведенный анализ позволяет более реально и обоснованно подходить к проработке маршрутов перехода судов.

Анализ параметров синоптических объектов, зон максимума и зон опасного волнения могут служить дополнением к навигационным пособиям по гидрометеорологическому режиму северной части Тихого океана.

## РАСЧЕТ ТОЧКИ ПЕРЕКЛАДКИ РУЛЯ ПРИ ПОВОРОТЕ С УЧЕТОМ ЦИРКУЛЯЦИИ

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**В.Н. Драчев**

Предложен расчетный метод выхода на новый курс – метод по касательным к циркуляции, применимый ко всем судам.

Для решения задач навигационного характера существенное значение имеет учет элементов поворотливости во время плавания в стесненных условиях на ограниченных по размеру акваториях.

При выполнении поворотов на фарватерах, в узкостях судоводителю приходится считаться с тем, что судно не может мгновенно и в одной точке изменить свой курс. Простейшим видом учета циркуляции является способ, при котором в угол, образованный старым и новым курсом, вписывается дуга радиусом, равным  $\frac{1}{2}$  диаметра циркуляции [6].

Точка входа в циркуляцию  $A_0$  и выхода из нее  $B_0$  определяются как места касания этой дуги (рисунок 1).

Однако, как показывают исследования, если судно в точке  $A_0$  переложит руль, то на новый курс оно ляжет не в точке  $B_0$ , а где-то в точке  $B_1$  [1].

Для крупнотоннажных судов величина этого смещения  $B_0B_1$ , т.е. ошибка в расчетах маневра, может достигать значительных величин.

Эта ошибка может быть еще значительнее при наличии у судна большого «мертвого промежутка» ( $t_{МП}$ ), когда отношение  $B_0B_1/R_u$  становится больше единицы. Кроме того, в процессе циркуляции в начальной стадии судно смещается от первоначального курса в сторону, противоположную повороту. Величина так называемого обратного смещения у судов в



полном грузу обычно незначительна и не превышает нескольких десятков метров. Однако из-за наличия дрейфа крайняя точка кормы у судов с большой длиной корпуса отклоняется на расстояние  $A_0A'_0$ , которое уже становится соизмеримым с шириной фарватера.

Поэтому безопасность маневрирования крупнотоннажного судна в стесненных условиях может быть обеспечена только при условии наличия у судоводителя информации о поворотливости судна, включающей, помимо диаметра, траекторию циркуляции и углы дрейфа.

Сам расчет траектории движения судна на повороте должен быть сделан на стадии планирования рейса. Для выполнения построения и определения точки начала перекладки руля предлагается способ расчета движения судна с использованием касательных к траектории циркуляции [2].

При выполнении практических маневров обычно не приходится изменять курс более чем на  $90^\circ$ , поэтому можно считать, что все маневры выполняются при неустановившемся движении.

На каждом судне имеется буклет с маневренными характеристиками, в который занесены результаты циркуляции судна на глубокой воде с углом перекладки руля, как правило, на  $35^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $10^\circ$ .

Движение судна на циркуляциях построены таким образом, что точка  $A_0$  (рисунок 2) является точкой начала перекладки руля для циркуляций, которые нанесены на рисунок [5].

Рассмотрим поворот судна с углом перекладки руля на  $20^\circ$  (рисунок 3). Первоначально судно следует  $ИК_1$ , в точке  $C$  судно должно лечь на  $ИК_2$ , изменив курс на  $\Delta K = ИК_1 - ИК_2$ .

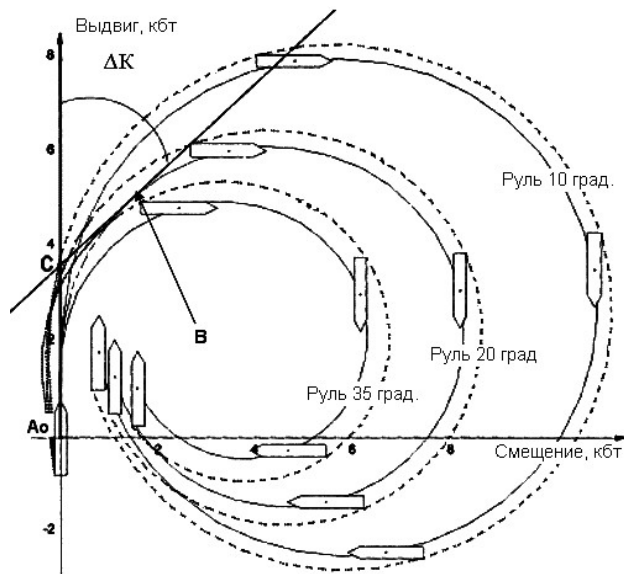


Рисунок 2 – Циркуляция судна на глубокой воде с перекладкой руля на  $35^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $10^\circ$  [5]

Поэтому, при плавании в стесненных водах по крупномасштабным картам секущее расстояние или секущий пеленг для определения места начала перекладки руля выставляется к точке  $A_0$ .

В случае изменения угла перекладки руля для поворота на угол  $\Delta K$  (см. рисунок 2) необходимо провести касательную к соответствующей траектории центра тяжести на циркуляции до пересечения с линией первоначального движения, найти расстояние от точки  $C$  (точка пересечения касательной с линией первоначального движения) до точки  $A_0$  (точка

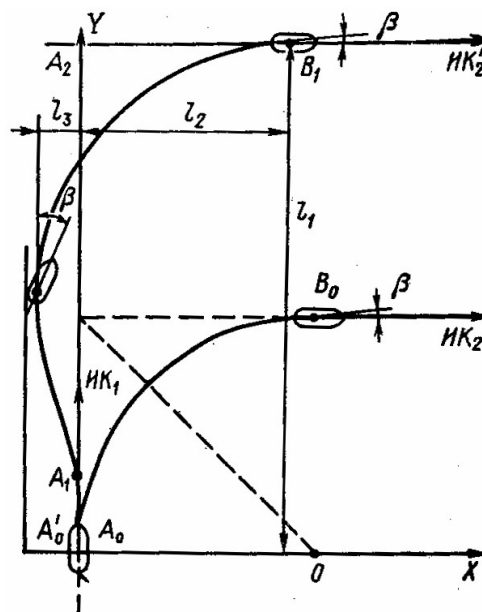


Рисунок 1 – Расчетные и действительные кривые циркуляции [1]

Для расчета точки перекладки руля необходимо к линии первоначального движения (рисунок 2) под углом равным углу поворота провести линию, которая должна быть касательной к кривой движения центра тяжести судна с перекладкой руля равной  $20^\circ$  (угол перекладки руля задан первоначально). Касательную необходимо провести до пересечения линии первоначального движения. Точка пересечения касательной и линии первоначального движения обозначена  $C$ .

Расстояние  $A_0C$  – выдвиг при повороте на угол  $\Delta K$  с перекладкой руля на  $20^\circ$ . Линия первоначального движения разбита на кабельтовы. Снимается значение выдвига  $A_0C$ , затем в масштабе карты (рисунок 3) откладывается снятое расстояние из точки  $C$  (точки смены курса) в обратном направлении движения, конец которого обозначен точкой  $A_0$ , указывающей место начала перекладки

начала перекладки руля для поворота) и в масштабе карты нанести его на линию пути, тем самым найти точку начала перекладки руля.

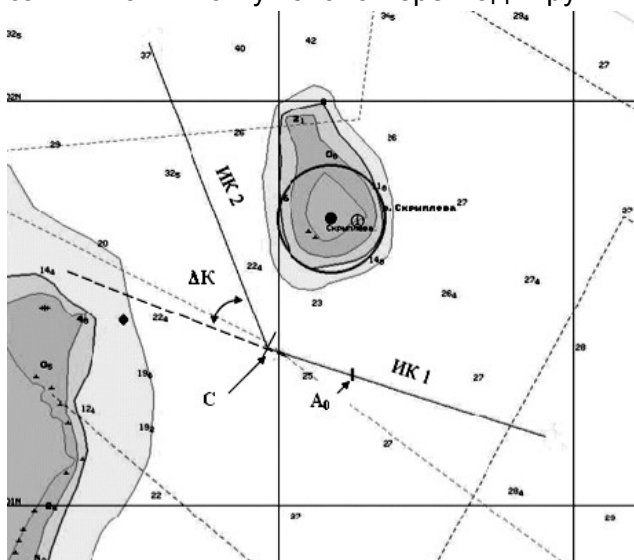


Рисунок 3 – На ИК<sub>1</sub> нанесена точка А<sub>0</sub>, точка начала перекладки руля для поворота на ИК<sub>2</sub>

Предлагаемый метод позволяет быстро определить и нанести на карту точку начала перекладки руля.

При смене курса лучше всего поворот производить с максимальной перекладкой руля 20°. Совершая плавание в стесненных водах, судно всегда следует с пониженной скоростью, поэтому перекладка руля на 20° возможна. Рассчитывая поворот, судоводитель не всегда может учесть и принять во внимание внешние силы, которые могут воздействовать на судно при смене курса. По этой причине судно может не вписаться в рассчитанную траекторию. Учитывая угол перекладки руля, судоводитель всегда должен предусматривать дополнительную перекладку руля в сторону увеличения при необходимости, в сторону уменьшения действия можно производить с любой величины и в любой момент.

Для примера рассмотрен поворот судна на 90° и его положение на траектории во время циркуляции.

В момент, когда курс судна изменен на 90°, центр тяжести судна находится на расстоянии  $l_1$  (выдвиг) от точки перекладки руля и на расстоянии  $l_2$  (прямое смещение) от линии первоначального движения, измеренное по нормали к направлению движения (рисунок 4) [3]. При этом все время поворота перекладка руля остается неизменной.

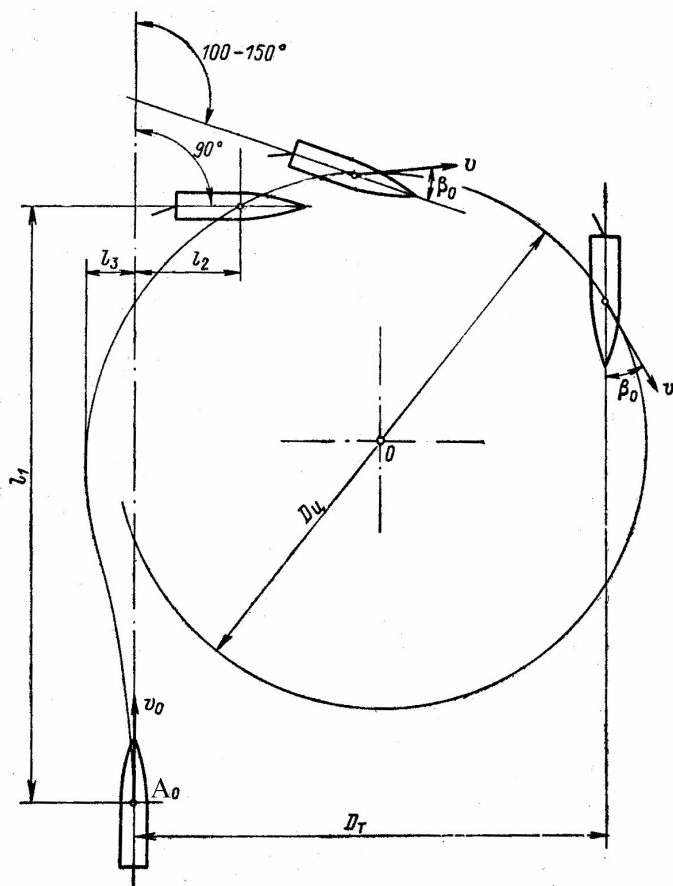


Рисунок 4 – Положение судна во время циркуляции [3]

Если провести касательную к циркуляции под углом 90° к линии первоначального движения (до начала циркуляции), то в точке касания траектории, которая выполнена при постоянно переложном руле, курс судна будет равняться величине от 100° до 150° в зависимости от угла перекладки руля. Угол между диаметральной плоскостью судна и вектором окружной скорости его центра тяжести называется углом дрейфа  $\beta$ .

Величины  $l_1$  и  $\beta$  зависят от угла перекладки руля и скорости судна. В своей верхней точке траектории центра тяжести курс судна будет равен  $90^\circ + \beta$ , но именно в этой точке, по предложенному методу, судно должно лечь на курс равный 90°, а  $\beta$  –равняться нулю.

В практике для поворота судна на новый курс руль переключается на заранее рассчитанный угол и к моменту, когда изменение курса достигает величины более половины  $\Delta K$ , угол перекладки руля уменьшается, а к моменту выхода на заданный курс скорость поворота одерживается путем перекладки руля на противоположный борт.

При уменьшении угла перекадки руля диаметр циркуляции меняется в сторону увеличения, меняется и скорость поворота в сторону уменьшения, линейная скорость увеличивается, а угол дрейфа уменьшается. В результате этих изменений центр тяжести судна начинает движение по кривой, которая отличается от первоначальной увеличением диаметра циркуляции. В конечном счете, движение центра тяжести судна переходит на новую траекторию движения и в определенный момент для того, чтобы лечь на новый курс, необходимо одержать поворот судна. В результате этого скорость поворота судна стремительно падает, а радиус циркуляции резко увеличивается и стремится к бесконечности в тот момент, когда судно ложится на заданный курс.

Работа выполнена на тренажере фирмы ТРАНЗАС МАРИН с применением математических моделей, которые находятся в программном модуле «библиотека математических моделей судов».

Для оценки точности поворота и выхода на новый курс методом касательных использована математическая модель балкера со следующими данными: водоизмещение – 33089 т; длина – 182,7 м; ширина – 22,6 м; осадка носом – 10,1 м; осадка кормой – 10,7 м.

Вначале выполнена циркуляция с перекадкой руля 20°. Данные по траектории движения сняты с интервалом 5°. Построена циркуляция. Для выполнения поворотов  $\Delta K$  (угол поворота) разложен на составляющие, каждой из которых соответствует свой угол перекадки руля для выхода математической модели судна на заданный курс. В общем случае расчетный угол поворота  $\Delta K$  будет иметь вид:

$$\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3 + \Delta K_4,$$

где  $\Delta K_1$  – часть поворота, выполненная с рулем в положении 20°;

$\Delta K_2$  – часть поворота, выполненная с рулем в положении 10°;

$\Delta K_3$  – часть поворота, выполненная с рулем в положении «прямо»;

$\Delta K_4$  – часть поворота, выполненная с рулем в положении 5° противоположного поворота борта.

Поворот на угол  $\Delta K$  рассчитан по циркуляции при положении руля 20°, следовательно, все построения касательных выполнены к этой траектории. Рассмотрены углы поворотов от 20° до 90° с интервалом 10° (таблица).

Таблица – Отстояние от касательной точки выхода на курс, м

Угол поворота	Балкер	Танкер	RO - RO
20°	-3,0 / 2,0 / 4,0	10,0 / 10,0	-2,0 / -2,0
30°	-4,0 / 2,0 / 3,8	8,0 / 18,0	2,0 / 4,0
40°	3,0 / 2,0 / 5,0	8,0 / 22,0	5,0 / 8,0
50°	5,0 / 8,0 / 16,0	14,0 / 28,0	8,0 / 10,0
60°	8,0 / 8,0 / 12,0	16,0 / 28,0	7,0 / 12,0
70°	10,0 / 13,0 / 20,0	16,0 / 16,0	14,0 / 16,0
80°	11,0 / 16,0 / 24,0	16,0 / 24,0	4,0 / 9,0
90°	14,0 / 20,0 / 26,0	20,0 / 32,0	6,0 / 6,0

Для выполнения поворота порядок изменения положения руля принят следующий:

1а) при  $\Delta K$  от 20° до 60° руль в положении 20° до того момента пока математическая модель судна не изменит курс на  $\frac{1}{2}\Delta K$ , который соответствует  $\Delta K_1$ ;

1б) при  $\Delta K$  от 60° до 90° руль в положении 20° до того момента пока математическая модель судна не изменит курс на  $\frac{2}{3}\Delta K$ , которое соответствует  $\Delta K_1$ ;

2а) При достижении величины угла поворота  $\Delta K_1$  наступает момент начала перекадки руля в положение 10° стороны поворота. Математическая модель судна продолжает поворот с этим положением руля до тех пор, пока угол поворота не достигнет величины, которая на 10° менее заданного. На этот момент угол поворота равен  $\Delta K_1 + \Delta K_2$ ;

3а) Когда до величины заданного угла поворота остается 10°, наступает момент начала перекадки руля в положение «прямо»; математическая модель судна продолжает поворот с этим положением руля до тех пор, пока не достигнет величины заданного угла поворота.

На этот момент угол поворота равен  $\Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3$ ;

3б) Когда до величины заданного угла поворота остается  $10^\circ$ , наступает момент начала перекладки руля в положение «прямо»; математическая модель судна продолжает поворот с этим положением руля до тех пор, пока не достигнет величины, которая на  $5^\circ$  меньше заданного. На этот момент угол поворота равен  $\Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3$ ;

4а) Когда до величины заданного угла поворота остается  $5^\circ$ , руль переключается в положение  $5^\circ$  противоположного борта; математическая модель судна продолжает поворот с этим положением руля до тех пор, пока не достигнет величины заданного угла поворота или скорость поворота приблизится к нулевой отметки. На этот момент угол поворота равен  $\Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3 + \Delta K_4$ ;

4б) Когда до величины заданного угла поворота остается  $10^\circ$ , руль переключается на  $5^\circ$  противоположного борта; математическая модель судна продолжает поворот до тех пор, пока не достигнет величины заданного угла поворота или скорость поворота не достигнет нуля. На этот момент угол поворота равен  $\Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3 + \Delta K_4$ .

На каждый момент изменения положения руля сняты показания параметров движения.

К построенной циркуляции с перекладкой руля  $20^\circ$  проведены касательные под углом равным каждому  $\Delta K$  к линии первоначального движения (см. таблицу). Затем для каждого угла поворота построены по три траектории движения математической модели судна с выходом на каждый курс, используя вышеприведенный порядок перекладки руля. В результате этого для каждого поворота найдено по три отстояния по нормали от точки выхода на курс до касательной.

В таблице, для «Балкера» внесены значения отстояний по нормали от точки выхода на курс до касательной при выполненных поворотах по схеме:

- 1  $\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3$  (левое значение);
- 2  $\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3 + \Delta K_4$  (среднее значение);
- 3  $\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_4$  (правое значение).

По такой же схеме были проведены исследования математической модели танкера: водоизмещение – 77100 т; длина – 242,8 м; ширина – 32,2 м; осадка носом – 12,5 м; осадка кормой – 12,5 м и модели RO-RO: водоизмещение – 25400 т; длина – 184,2 м; ширина – 30,6 м; осадка носом – 8,2 м; осадка кормой – 8,2 м.

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать следующие заключения.

Водоизмещение танкера больше водоизмещения балкера в 2,3 раза, поэтому для танкера силы и моменты, вызывающие изменение курса судна при перекладке руля должны быть больше.

У математической модели RO-RO при перекладке руля на  $20^\circ$  возникает большая скорость поворота, которую необходимо «погасить» к моменту выхода на заданный курс. По этой причине перекладка руля на борт противоположный борту поворота начиналась на курсе, который менее заданного на  $15^\circ$ .

У математических моделей танкера и RO-RO в первом случае, а у балкера во втором случае, движение останавливалось в момент, когда курс модели достигал заданного, чтобы снять данные. Но на всех моделях при продолжении поворота с тем же положением руля курс моделей не превышал  $3,5^\circ$  более заданного угла поворота в тот момент, когда скорость поворота падала до нуля.

В тот момент, когда скорость поворота падает до нуля, математическим моделям судов необходимо возвращаться на заданный курс. При этом действие возврата не увеличивает расстояния по нормали до касательной.

У математических моделей танкера и RO-RO во втором случае, а у балкера в третьем случае движение останавливалось в основном в момент, когда скорость поворота падала до нуля, а судно еще не достигло заданного курса. То есть силы и моменты, вызывающие изменение курса от действия руля были достаточными, чтобы «погасить» скорость поворота до достижения заданного угла. В заключительный момент скорость поворота падала медленно, поэтому математическая модель судна удалялась от касательной. И даже в этом случае расстояние по нормали до касательной не превысило ширины судна.

Величины смещения по нормали от касательной (таблица). Если учесть, что точность по DGPS не превышает 10 м, то точность выхода на заданный курс методом касательных до-

вольно высокая. Однако в этом случае перекладка руля в конечной части поворота для каждого судна должна быть определена индивидуально.

Результаты экспериментов позволяют предложить расчетный метод выхода на новый курс – метод по касательным к циркуляции, применимый ко всем судам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1 Цурбан, А.И. Определение маневренных элементов судна / А.И. Цурбан. -М.: Транспорт, 1977. -126 с.

2 Драчев, В.Н. Определение точки перекладки руля при учете циркуляции / В.Н. Драчев // Вест. МГУ. Сер. Судовождение. -М., 2004. -Вып. 2. -С. 159-161.

3 Дорогостайский, Д.В. Теория и устройство судна / Д.В. Дорогостайский, М.М. Жученко, Н.Я. Мальцев. -Л.: Судостроение, 1976. -412 с.

4 Снопков, В.И. Управление судном: учеб. для вузов / В.И. Снопков. -СПб.: Проффессионал, 2004. -535 с.

5 Transas Marine – Manoeuvring Booklet. V.1. -2001. -515 p.

6 Лесков, М.М. Навигация: учеб. для вузов / М.М. Лесков. -Изд. 2-е, перераб. и доп. -М.: Транспорт, 1986. -360 с.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕРЫ И СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АВАРИЙ И ЭЛАСТО-ПНЕВМО- КОНСТРУКТИВНЫЙ МЕТОД СОХРАНЕНИЯ ГЛАВНЫХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КАЧЕСТВ СУДОВ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**А.И. Потутаровский**

Представлен обзор современных мер и средств предотвращения катастрофического развития аварий судов. На основании анализа их эффективности и статистики потерь судов сделан вывод о необходимости автоматизации средств борьбы за живучесть, повышения непотопляемости и аварийной остойчивости судов при авариях. Показана сущность эласто-пневмо-конструктивного метода сохранения этих качеств.

Расширяющееся освоение морей и океанов, развитие морских перевозок, несмотря на высокую степень совершенства судов, не обходятся без аварий и катастроф. Гибнут суда, грузы и люди. Ежегодные убытки от этого составляют огромную сумму.

Согласно исследованиям отечественных авторов, более 53% всех гибнущих в море судов приходится на аварии, связанные с повреждением корпуса, затоплением или опрокидыванием. На долю аварий, приводящих к потере плавучести (51%), приходится гибель примерно 20% всех погибающих в море людей. Опрокидывания (около 2% аварийных судов) уносят жизней более 70%. Таким образом, затопления и опрокидывания – конечные фазы не остановленных аварий и покидание судов – причины, уносящие жизни более 90% всех погибающих в море. По данным береговой охраны США, только в 42% случаев оставления погибающего судна удается спастись либо с помощью своих судовых, либо внешних спасательных средств. Напрашивается вывод, и он подтверждается опытными мореходами [1], – судно – самое лучшее спасательное средство, но оно должно иметь хотя бы минимум главных жизнеобеспечивающих качеств – плавучести и остойчивости, достаточных для базирования экипажа.

Новые статистические данные объединения INTERCARGO [2] показывают тенденцию уменьшения потерь судов по всем причинам: конструктивным повреждениям, плохим погодным условиям, ошибочным действиям экипажа в экстремальных ситуациях. Настоящее стало возможным благодаря действию международных Конвенций и правил: соблюдению классической системы мер по обеспечению непотопляемости в совокупности с удовлетворением ряда дополнительных требований по повышению надежности, живучести и безопасности судов. Активизация деятельности международного сообщества по совершенствованию судов связана с нарастающими в мире тенденциями сохранения экологической чистоты:

уменьшением загрязнения морей, исключением потоплений, опрокидываний, вредных выбросов с судов.

Современное состояние обеспечения непотопляемости судов включает материальную и функциональную составляющие и представляет собой сложившуюся классическую 3-х компонентную систему мер:

- конструктивных;
- превентивных (организационно-технических);
- оперативных (борьбы за непотопляемость).

Эта система посредством дополнений и уточнений развивается и обновляется. Особенное развитие в последние годы получила оперативная составляющая, представляющая собой процесс контроля, прогноза, регулирования и восстановления непотопляемости. Так, для судов, не оборудованных компьютерами, были разработаны и получили распространение планшеты непотопляемости, представляющие собой заранее просчитанные спецификационные случаи аварий. В качестве их развития и дополнения на судах внедряется компьютерная диагностика и помощь в принятии решений в борьбе за непотопляемость. В последние десятилетия разработаны программы [3], позволяющие отслеживать процесс потопления и определять предполагаемый момент гибели судна [4].

Мировое сообщество пересматривает и требования к конструкции судов. С помощью международных конвенций они дополняются конкретными конструктивными изменениями. Так, для судов, плавающих по Северному морскому пути, отстойные танки должны быть отделены от обшивки коффердамами. Современное конструктивное решение для крупных танкеров, идущих в Арктику, предполагает наличие двойных бортов в районе грузовых танков и двойного дна (требования Конвенции MARPOL 73/78). Газовозы и химовозы давно изготавливаются по правилам, применимым к судам, перевозящим опасные грузы.

С развитием вычислительной техники многие требования к конструкции судов стали дополняться разделами о поведении судна в случае аварий. Так, в соответствии со Стокгольмским региональным соглашением (1996 г.) безопасность судов должна соответствовать правилам SOLAS-90. Предписывается проводить модельные испытания накатных поврежденных судов на определение условий опрокидывания на волнении. Для уменьшения крена, создаваемого при попадании внутрь корпуса забортной воды, рекомендуется применять метод уравнивающего расположения помещений, исключающий поступление воды только в помещения одного борта. При этом важное значение придается выбору размеров помещения, соответствию перетоков и воздухоотводящих труб [5]. Столь пристальное внимание международного сообщества к накатным судам объясняется их высокой экономической эффективностью и конструктивной невозможностью использования классического конструктивного метода обеспечения непотопляемости. Поперечные переборки у них отсутствуют. Из-за этого они гибнут в два раза чаще, чем обычные грузовые суда. Другие используемые меры менее эффективны.

Абсолютная безопасность на море невозможна. Можно лишь минимизировать опасности. Дело в том, что человеку свойственно ошибаться. Это его непреходящая способность. За последние годы у нас в стране и за рубежом наметилось большое и постоянно растущее внимание к изучению влияния «человеческого фактора» на безопасность судов. Значительное повышение безопасности на море может быть достигнуто, если исключить «неправильное взаимодействие человека с техникой», т.е. человеческие или организационные (предварительные) ошибки или иначе «человеческий фактор» [6]. Подсчитано, – прямые ошибки людей составляют 60%, косвенные – 30%. Предупреждение человеческих ошибок является стратегической задачей, пути решения которой должны быть отражены в критериях и правилах проектирования, изготовления и эксплуатации технических средств, а также в программах обучения, повышения квалификации лиц, проектирующих, строящих и эксплуатирующих эти средства. В стрессовых ситуациях, чтобы исключить принятие неверного решения, приоритет должен быть отдан автоматически действующим средствам. Как считают специалисты ВМФ США и других стран НАТО, уберечь корабль от гибели невозможно, если не будет решена задачи автоматизации процессов управления борьбой за живучесть. Для этого необходимо оснащение судна системой информации о его состоянии, предусматривающей сбор данных от датчиков, диагностику и выработку управляющих команд.

Специалисты аварийно-спасательных служб свидетельствуют, что при спасательных работах ощущается острый недостаток сил, средств и времени для поддержания судов на плаву или предотвращения опрокидывания. В сложных технических системах, а суда к тако-

вым относятся, вероятность сложения ошибок, приводящая их к аварийным ситуациям, достаточно велика. Поэтому необходимо задавать допуск на исправление ошибок людей. Вариантов два: первый – аварийный скоростной восстановительный ремонт (если это возможно), второй – суда должны комплектоваться дополнительными элементами, восстанавливающими потерянные качества или исключаящими опасное воздействие аварийного судна на человека. Их применение должно быть отдано автоматической системе управления аварией. Как, например, в другом виде транспорта, автомобилях, с увеличением скоростей движения и с целью уменьшения ударных нагрузок на тело человека при столкновениях, корпуса стали делать сминающимися, а среднюю часть с людьми, наоборот, более жесткой и прочной. Кроме этого, согласно международным правилам безопасности, все они комплектуются ремнями безопасности или травмобезопасными надувными подушками.

В судостроении постоянно ведутся работы по улучшению качества как отдельных конструкций, так и самого судна. Отражением этого служит немалое число патентов последних лет. В большинстве из них принципиальная возможность реализации идей основывается на использовании новых материалов, неспецифических для судостроения и на новейших технологиях. Так, корпус танкера предлагается защищать [7] от поступления в него забортной воды, в случае пробоины, с помощью синтетической оболочки. Основа оболочки выполнена из нескольких слоев кевлара. Наружное покрытие – химически стойкая синтетическая резина. Она обладает в шесть раз большей прочностью, чем сталь. Примерно такую же защиту предлагают отечественные специалисты из ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и для межднищевого пространства танкеров [8].

В 1998 году в Великобритании усовершенствована и запатентована предлагаемая ранее в других странах система обеспечения плавучести и предупреждения опрокидывания судна (паромов и других судов при частичном их затоплении). На внутренних и наружных сторонах бортов располагаются несколько групп надувных оболочек, которые автоматически или по команде заполняются газом при достижении определенного угла крена [9].

В патенте Франции яхта предохраняется от опрокидывания с помощью надувной емкости, размещаемой на мачте [10].

В Великобритании запатентовано устройство для обеспечения дополнительной плавучести судна [11]. Вокруг корпуса смонтировано некоторое количество труб, в которые можно нагнетать воздух (газ). По-походному они крепятся на внешней поверхности корпуса. С помощью телескопических штанг и зажимов трубы отводятся от корпуса, образуя вокруг судна на поверхности воды «плавучий настил».

Предотвратить опрокидывание судна предлагается с помощью «опускаемой на воду по борту дополнительной плавучести» [12]. Плавучесть в виде непроницаемого ящика скользит по борту, опускаясь на магнитной присоске с помощью балки, которая нижним концом защелкивается на бортовом продольном рельсе в районе конструктивной ватерлинии.

В целях обеспечения гарантированной непотопляемости судна предлагаются в патенте Франции [13] сотовые панели, смонтированные на водонепроницаемых переборках и под палубами. При затоплении судна они обеспечивают дополнительную плавучесть.

Украинские и российские специалисты предпринимают попытки разработать приборно-программный комплекс, предупреждающий судоводителя об опасности опрокидывания судна [14].

Анализ тенденции развития общества, техники, материаловедения, судостроения и патентов позволил сформулировать перспективы обеспечения непотопляемости и аварийной устойчивости судов. Они следующие:

– в соответствии с международными конвенциями по охране человеческой жизни на море, из ряда требований значительно выделяется направление, наиболее капиталоемкое и эффективное в повышении надежности и безопасности – совершенствование конструкции судов и систем их технического обслуживания;

– уменьшить опасное воздействие «человеческого фактора» на сохранение судном непотопляемости и устойчивости через повышение уровня профессионализма на всех этапах при проектировании, строительстве и эксплуатации судна;

– реализация общей стратегии повышения борьбы за непотопляемость и живучесть судов в целом должна идти через уменьшение времени на принятие решения. По возможности исключить «человеческий фактор», т.е. автоматизировать в аварийной ситуации выбор и включение спасательных и предохранительных устройств в целом для судна.

Существующие методы путем их усиления (увеличения количества отсеков, а значит

переборок, палуб и платформ, выходов из отсеков или количества снабжения) технически усложняют судно, увеличивают его вес, уменьшая погрузочные объемы и площади, дают меньшую экономическую эффективность судна. В каком-то пределе, действуя этими методами, можно прийти вообще к экономической нецелесообразности судна. Таким образом, сложилась тупиковая ситуация, иначе проблема. Эта ситуация вызвала к жизни поиск более эффективных методов.

Недостаточная эффективность стандартных средств борьбы за сохранение плавучести и остойчивости судна в связи с ростом скоростей хода, количества судов, интенсивностью судоходства [15], также направила на поиск более оперативного метода. Начало разработке такого метода было положено в 1978 году на кафедре «Теория и устройство судна» ДВВИМУ (в настоящее время МГУ им. адм. Г.И. Невельского).

Первоначальными эластичными конструкциями, – положенными в основу метода, явились мягкие понтоны и закладные емкости. Они проектировались, конструировались и рассчитывались, как судовые устройства, работающие в контакте с корпусом судна на границе раздела двух сред: воды и воздуха в условиях качки, крена и дифферента судна [16-18].

Разработанные эластичные пневматические элементы, снабженные специальными крепежными приспособлениями (подвесками), могут размещаться как внутри затопляемых водой отсеков, так и снаружи корпуса судна. Поиск приемлемых и удобных конструкций подвесок осуществлялся на моделях путем экспериментов. В наружном применении устройства (пневмоэлемент-подвеска), оборудованные дополнительными механизмами приведения в действие (штангами или консолями) или щелеподобными нишами в бортах корпуса, позволяют применять их для добавления сил плавучести корпусу и восстанавливающих моментов.

Выполненные расчеты прочности оболочек, габаритных размеров, поведения при заполнении и работе пневмоэлементов позволили изготовить натурные образцы и использовать их при спасении судов. Тем самым была подтверждена действенность разработанного эласто-пневмо-конструктивного метода. Проведенные расчеты показали высокую экономическую эффективность метода. Он позволяет значительно повысить надежность корпуса судна, т.е. обеспечить безотказность работы или способность сохранения плавучести и остойчивости, как минимум, в части базирования экипажа, а значит более эффективно решать проблему безопасности людей на море.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Александров, М.Н. Безопасность человека на море / М.Н. Александров. -Л.: Судостроение, 1983. -208 с.
- 2 Объединение INTERCARGO сообщает об уменьшении несчастных случаев на море // Int. Bulk I. -1998. -Oct. -С. 69.
- 3 Трапезников, Ю.М. Развитие бортовых программ непотопляемости подводных лодок / Ю.М. Трапезников // Судостроение. -2000. -№2. -С. 32-37.
- 4 Ейбоженко, А.В. Математическое и алгоритмическое обеспечение бортовых систем мониторинга и прогноза надводной непотопляемости подводных лодок: автореф. ... дис. канд. техн. наук / А.В. Ейбоженко. -1997. -21 с.
- 5 Xia, Jinzhu. Динамическая модель бортовой качки накатных судов при затоплении части внутренних помещений / J. Xia, J.J. Juncher, P. Terndrur // Schiffstechuik. -1999. -V.46, №4. -С. 208-216.
- 6 Максимаджи, А.И. Международный симпозиум «человеческие и организационные ошибки в морской технике» / А.И. Максимаджи // Судостроение. -1997. -№5.
- 7 Пат. 5520132 США, МПК6 В63 В 25/08. Высокопрочная гибкая синтетическая внутренняя вставка для защиты корпусов танкеров от пробоин / W.S. Crippen (USA). -№405409; заявл. 15.3.95; опубл. 28.5.96.
- 8 Днищевое перекрытие судна / А.Б. Нестеров, О.М. Палий, В.М. Пашин / ЦНИИ им. А.Н. Крылова. -№ 95122311/11; заяв. 28.12.95; опубл. 20.11.97, Бюл. №32.
- 9 Заявка 2314814 Великобритания, МПК6 В63 В43/14, НПК В7А. Система обеспечения плавучести и предупреждения опрокидывания судна / F.N. Potter. -№9602066; заяв. 1.2.96; опубл. 14.1.98.
- 10 Заявка 2741588 Франция, МПК6 В63 С7/10. Устройство препятствующее опрокидыванию яхты и помогающее ее спрямлению / В. Dardenne. -№9513913; заявл. 23.11.95; опубл.



30.5.97.

11 Заявка 2332653 Великобритания, МПК6 В63 В43/14, НПК В7А. Устройство для обеспечения дополнительной плавучести судна / А.М. Alavidan. -заявл. 24.12.97; опубл. 30.06.99.

12 Заявка 2339731 Великобритания, МПК6 В63 С 7/10, В63 В43/14. Опускаемая на воду по борту дополнительная плавучесть для предотвращения опрокидывания судов при аварийных кренах / F.N. Potter. -заявл. 02.07.98; опубл. 09.02.00.

13 Заявка 2735091 Франция, МПК6 В63 В43/14. Сотообразные панели, обеспечивающие непотопляемость судна / P. Heger. -№9506903; заявл. 12.6.95; опубл. 13.12.96.

14 Коротков, Б.П. Динамическая система контроля и обеспечения безопасности судов в штормовом море / Б.П. Коротков, В.П. Модников, Э.Ю. Терехович // Судостроение. -1996. - №7.

15 Козлов, А.И. Совершенствование методов борьбы за живучесть судна: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Козлов. -Л., 1986. -171 с.

16 Друзь, Б.И. Расчет погруженного мягкого цилиндрического понтона, прикрепленного к вертикальному борту судна / Б.И. Друзь, А.И. Потутаровский // Сообщения ДВВИМУ по судовым мягким оболочкам. -Владивосток, 1975. -Вып. 33. -С. 15-39.

17 Друзь, Б.И. Свободно вложенная цилиндрическая пневмооболочка в прямоугольном отсеке с водой / Б.И. Друзь, А.И. Потутаровский // Сообщения ДВВИМУ по судовым мягким оболочкам. -Владивосток, 1976. -Вып. 27. -С. 71-77.

18 Потутаровский, А.И. Расчет на ЭВМ закрепленной цилиндрической оболочки, помещенной в отсек с водой / А.И. Потутаровский // Сообщения ДВВИМУ по судовым мягким оболочкам. -Владивосток, 1977. -Вып. 35. -С. 134-157.

## РАЗРАБОТКА ФУНКЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТИ СУДОВОГО ПЕРСОНАЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМУМА В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УЧЕТНЫХ СИСТЕМАХ

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

Ю.Л. Саяпин, М.В. Гомзяков, С.С. Ильина

Рассмотрена возможность использования методов математического моделирования для оптимизации функции компетентности морских специалистов рыбодобывающего, торгового и транспортного флота.

Безопасность мореплавания зависит от многих факторов. В процессе эксплуатации безопасность судна определяется следующими параметрами: навигационная безопасность и обеспечение безотказной работы судовых систем и судна в целом. Научный подход в деле управления качеством подготовки специалистов морского флота, с учетом специфики каждого вида деятельности, предоставляет возможность для повышения качества судоходства, и как следствие этого повысить эффективность проведения рыбного промысла, снижения количества задержаний судов, аварийных случаев и аварий и пр.

Объективными причинами снижения качества подготовки специалистов являются следующие: стремление к тому, чтобы вести подготовку специалистов в соответствии с требованиями конвенции ПДНВ-78/95,

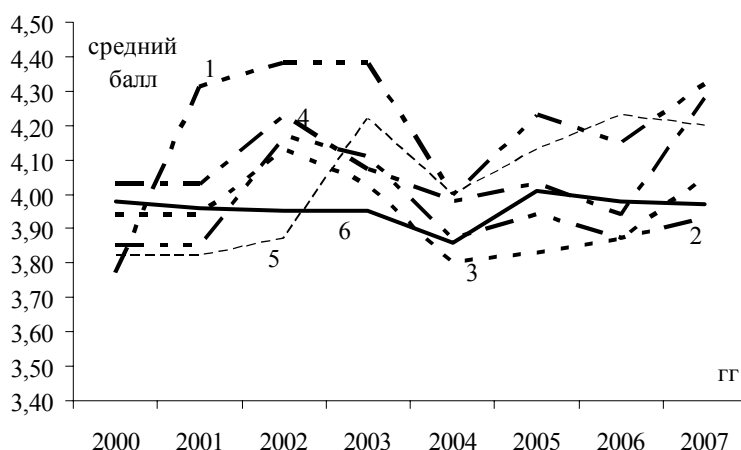


Рисунок 1. Изменение среднего балла по основным предметам: 1-средний балл защиты дипломного проекта, 2-судовождение, 3-управление судном, 4-ТСС, 5-английский язык, 6-средний учебный балл

приводит к снижению нашего национального стандарта подготовки специалистов морского флота. Это объясняется тем, что требования этой конвенции являются минимальными.

Кривые на рисунке 1 показывают изменение среднего балла по основным предметам за восьмилетний период. Рассматривались данные выпускников-судоводителей из стен крупнейшего морского высшего учебного заведения. Снижение практически всех показателей в 2004 г. можно объяснить структурной перестройкой учебного заведения в тот момент времени. Вместе с тем, следует отметить, что средний учебный балл изменяется незначительно, хотя и подвержен общей тенденции.

Рассматривая аварийность в дальневосточном регионе, связанную с причастностью судоводительского персонала, можно обнаружить некоторую обратную зависимость между средним баллом и количеством навигационных нарушений (НН) со смещением по времени на 2-5 лет.

Так, на рисунке 2 показано общее снижение навигационных нарушений в 2003 г., что объясняется следующим: выпускники 2000-2002 гг., имеющие довольно высокие баллы, набрали необходимый плавательский ценз и были допущены к несению самостоятельной вахты.

Однако, снижение среднего балла в 2004 г. должно означать последующее увеличение НН, что подтверждается возрастанием аварийности через 3-4 года (рисунк 3).

Кривая аварийности за период с 1995 по 2006 гг. показывает изменение

числа навигационных нарушений, произошедших по вине «человеческого фактора» в дальневосточном регионе. Частично возрастание аварийности зависит от естественного «вымывания» наиболее квалифицированных кадров в западные регионы РФ и под флаги других государств. При этом освободившиеся рабочие места занимают выпускники других учебных заведений.

Сравнение среднего учебного балла и аварийности позволяет составить приблизительный прогноз качества эксплуатации флота

$$y = 0,39x^2 - 0,91x + 27,59,$$

где  $y$  – количество аварийных случаев за год  $x$ , с достоверностью  $R^2 = 0,69$ ,

Тренд имеет вид полиномиальной кривой с указанной достоверностью, определяемой стандартным пакетом статистического анализа.

Анализ одного только среднего учебного балла не позволяет однозначно прогнозировать качество управления судном так как отсутствуют данные по другим учебным заведениям региона, тем более по РФ. Более точным инструментом измерения профессиональной подготовки является компьютерное тестирование, производимое при дипломировании в

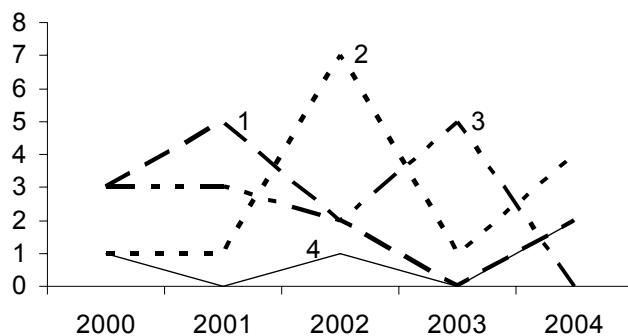


Рисунок 2 – Распределение аварийности в ДВР: 1-столкновения, 2-навалы, 3-посадки на грунт, 4-потеря плавучести или остойчивости

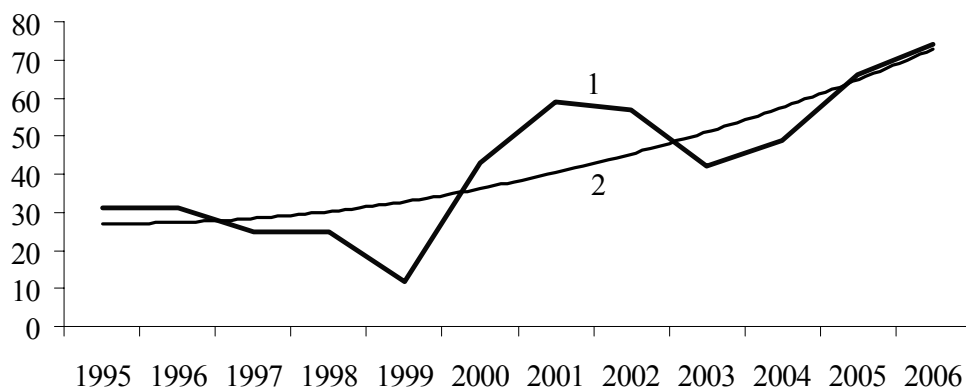


Рисунок 3 – Кривая аварийности по ДВР 1995-2006 гг.: 1-показывает фактическую аварийность, 2-тенденцию изменения по закону

морской квалификационной комиссии (МКК). Тестирование является составной частью квалификационного испытания и измеряется в процентах успешно выполненных тестовых заданий.

Тестирование производилось в период с 2003 по 2007 гг. одобренным для целей аттестации комплексом программированного контроля «ПроКСИМА». Погрешность в определении профессиональных знаний с помощью комплекса «ПроКСИМА» не превышает 12%.

На рисунке 4 приведены результаты выпускников того же учебного заведения по годам выпуска, показанные при аттестации в МКК. Высокие показатели среднего балла характеризуют качество образования в данном учебном заведении. Снижение балла выпускников 1975-1984 гг. объясняется политикой учебного заведения в данный период.

Сравнительный анализ диаграмм (рисунок 3 и 4) позволяет предположить, что плавное снижение аварийности с 1995 по 1999 гг. коррелирует с высоким уровнем базовой подготовки судового персонала, изменяющейся в пределах статистических погрешностей.

Анализ показателей компетентности по основным морским учебным заведениям ДВ региона показал общую тенденцию к снижению качества подготовки молодых специалистов, что коррелирует с аналогичными показателями по Российской Федерации. Проблема «человеческого фактора» неоднократно озвучивалась на уровне Минтранса и Правительства РФ в русле подготовки молодых специалистов. Проведенные научно-практические исследования в области дипломирования моряков на Дальнем востоке позволяют произвести эвристический прогноз качества подготовки специалистов морских специальностей на основе практических показателей.

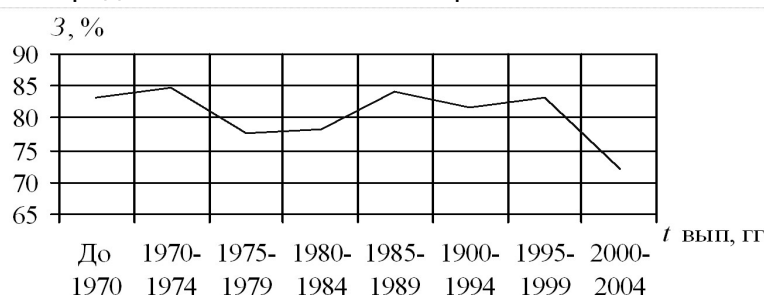


Рисунок 4 – Изменение среднего балла при аттестации в МКК, от года окончания учебного заведения

Таким образом, анализируя результаты подготовки и контроля молодых специалистов на уровне базовой подготовки и вступления в должность следует отметить: имеется тенденция к снижению качества профессиональной подготовки молодых специалистов в морских учебных заведениях; данная тенденция имеет общероссийский характер с учетом региональной специфики; результаты подготовки последуют с вполне определенным интервалом времени; результаты подготовки могут быть оценены качеством практической эксплуатации; базовая подготовка должна базироваться на принципах максимально адаптированных к существующим нормативным требованиям эксплуатационной практики морского флота Российской Федерации; необходима унификация требований подготовки и контроля в сфере образования и производства.

На основании вышеизложенного материала, возможно предположить, что существует некая нелинейная зависимость между компетентностью отдельно взятого представителя судового персонала и уровнем учебного заведения (высшего или среднего), которое он закончил. Обозначим эту функцию  $f_1(a_1)$ , где  $a_1$ -коэффициент учебного заведения, определяемый: средним баллом выпускников, востребованностью выпускников в пароходствах, судоходных компаниях, крьюинговых компаниях и т.д., рейтингом учебного заведения в списке учебных заведений страны.

В настоящее время всё большее значение приобретает послевузовская подготовка (обязательная и дополнительная) в различных учебно-тренировочных центрах (УТЦ) и соответственно на компетентность оказывает влияние уровень УТЦ. Введем нелинейную функцию  $f_2(a_2)$ , где  $a_2$ -коэффициент УТЦ, определяемый: количеством видов подготовки, коэффициентом уровня оборудования, рейтингом УТЦ в списке учебных заведений страны.

На уровень приобретённых навыков и умений судового персонала влияет уровень крьюинговых, судоходных компаний, пароходств и т.д. Таким образом, функция  $f_3(a_3)$  определяет зависимость компетентности от: количества замечаний, количества задержаний, аварийных случаев, аварий и катастроф.

Уровень контроля со стороны морских администраций (коэффициент  $a_4$ ) имеет зависи-

мость от: базового образования, дополнительной подготовки, показателей аварийности, стажа работы, сложности оборудования, должности.

Таким образом, функция  $f_4(a_4)$  определяет связь показателей работы морских администраций и компетентности судового персонала.

Перечислив только наиболее важные факторы, влияющие на уровень компетентности судового персонала и используя методы математического моделирования, целевую функцию компетентности возможно представить в виде:

$$f(a) = \sum_{j=1}^N f_j(a_j) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Функция такого вида согласно [2] называется сепарабельной. Чтобы наиболее просто изложить способ решения данной задачи опишем его только для одной переменной  $a$  и соответствующей ей функции  $f(a)$ , так как для остальных переменных применим тот же метод решения.

Предположим (согласно имеющимся сведениям), что  $a$  находится в интервале  $0 < a < A$ . Для того чтобы произвести линеаризацию функции, выберем следующую сетку значений  $a$ :

$$0 \leq A_1 < A_2 < \dots < A_p \leq A.$$

Любое значение  $a$  будем выражать в виде средневзвешенной  $A_k$ :

$$a = A_1 w_1 + A_2 w_2 + \dots + A_p w_p, \quad (2)$$

где веса  $w_k$  удовлетворяют условию:

$$\sum_{k=1}^p w_k = 1; w_k = 0; k = 1, 2, \dots, p. \quad (3)$$

Причём, если на некотором интервале значений  $a$ , функция  $f_1(a_1)$  линейна, то этому интервалу должно соответствовать не более двух точек сетки.

Подставив выражение для  $a$  в формулу (1), с учётом ограничений (3) получим кусочно-линейную аппроксимацию целевой функции:

$$\sum_{k=1}^p a(A_k) w_k. \quad (4)$$

Данный метод позволяет преобразовать модель в задачу, где все нелинейные функции представлены их линейными аппроксимациями, что позволяет использовать для нахождения оптимума целевой функции симплексный метод.

Таким образом для повышения квалификации работников рыбодобывающего, торгового и транспортного флота рекомендуется провести ряд мероприятий: создание единых требований на уровне стандарта при подготовке и проведении контроля всех категорий судового персонала; создание понятной и открытой основы для разработки и совершенствования компьютерных обучающе-контролирующих программ и виртуальных тренажеров; возможность оперативного легитимного совершенствования и корректировки на научной основе методической составляющей в пределах утвержденного стандартного модуля силами одобрённых экспертов; создание условий для оперативной адаптации программ подготовки и контроля к изменяющимся техническим и нормативным требованиям судоходства путем комплектования набора необходимых компетентностных микромодулей (КММ) [1]; гармонизация международных и национальных требований к судовому персоналу на основе анализа результатов контроля; создание условий для самостоятельной подготовки (технической учебы) и контроля на борту судна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гомзяков, М.В. Использование методов математического моделирования информационных потоков в экспертной системе «ПрокСиМА-МИНУС» / М.В. Гомзяков, С.С. Ильина // V международная научная конференция «Инновации в науке и образовании-2007» / КГТУ. -Калининград, 2007. -Ч.2. -С. 86-88.

2 Основы исследования операций: пер. с англ. : в 3 т. / Х.М. Вагнер. -М.: Мир, 1973. -Т.3. -501 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ АВАРИЙНОСТИ МОРСКОГО ФЛОТА ОТ ЕГО ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

А.А. Фунтусов

Рассматривается зависимость уровня аварийности морского флота от основных числовых характеристик возрастной структуры флота — среднего возраста судов и степени рассеяния возраста судов вокруг своего среднего значения.

Хорошо известно, что старение морских судов сопровождается заметным увеличением вероятности возникновения аварий. Естественно, что благодаря этому обстоятельству уровень аварийности флота будет в сильной степени зависеть от его возрастной структуры. Поставим здесь перед собой задачу выяснить, от каких параметров его возрастной структуры зависит уровень аварийности флота и как именно.

Будем характеризовать уровень аварийности флота отношением  $K = N^*/N$ , где  $N^*$  - число судов, потерпевших аварии, а  $N$  - общее число судов в составе флота. Аналогично, уровень аварийности судов  $i$ -го возраста будем характеризовать отношением  $C(i) = N_i^*/N_i$ , где  $N_i^*$  - число судов  $i$ -го возраста в числе судов, потерпевших аварии, и  $N_i$  - общее число судов этого возраста в составе флота. Тогда получим следующее соотношение, позволяющее выразить уровень аварийности флота в зависимости от его возрастной структуры:

$$K = \sum_i C(i) B_i, \quad (1)$$

где  $B_i = N_i/N$  - доля судов  $i$ -го возраста в составе флота.

Как известно, уровень аварийности морских судов возрастает по мере их старения. При этом существенно, что рост аварийности судов, по-видимому, носит нелинейный (прогрессирующий) характер. Об этом, в частности, свидетельствуют данные Международного Союза за Морского Страхования (IUMI), представленные на рисунке 1 [1]. Как видно из рисунка, относительное число аварий  $C(i)$  по мере старения судов возрастает сначала довольно медленно, а затем быстрее.

С математической точки зрения отмеченное выше обстоятельство означает, что функция  $C(i)$  должна, очевидно, иметь производные высшего порядка. Мы рассмотрим для определённости два наиболее простых вида функции, удовлетворяющих указанному требованию (заметим, что обе эти функции хорошо согласуются с данными, приведёнными на рисунок 1). При этом, однако, необходимо предварительно заметить следующее.

Рост аварийности судов по мере их старения представляет случайный процесс, отдельные реализации которого могут иметь, вообще говоря, совершенно непредсказуемый характер. Поэтому во всяком случае не имеет смысла говорить о специальной форме функции  $C(i)$ , которая бы однозначно определяла относительное число аварий в зависимости от возраста судов. Можно говорить лишь о том, что математическое ожидание случайной функции  $C(i)$  - обозначим его посредством  $C_i$  - приблизительно удовлетворяет какому-либо определённому закону. В соответствии с

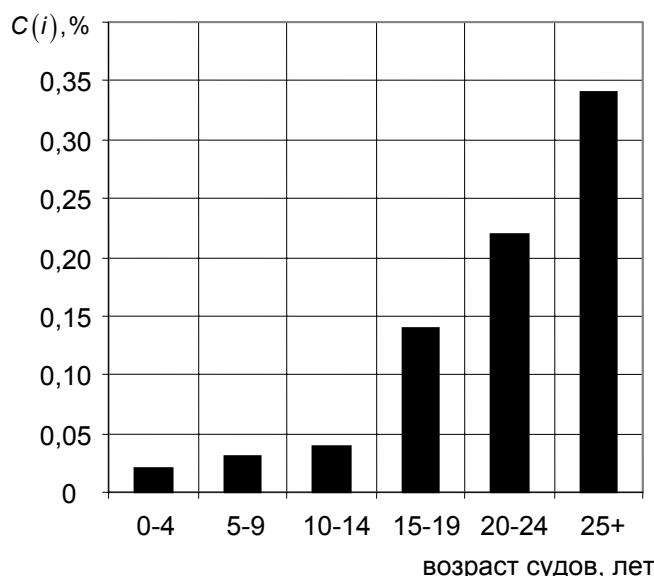


Рисунок 1 – Относительное число судов мирового флота (суда более 500 рег. т), потерпевших кораблекрушение в 1994-2001 гг.

этим все приведённые ниже соотношения выражают не саму величину  $K$ , а её математическое ожидание  $\bar{K}$  в зависимости от возрастной структуры флота.

Итак, предположим сначала, что математическое ожидание случайной функции  $C(i)$  имеет вид квадратичной функции:

$$C_i = ai^2 + C_0, \quad (a > 0)$$

где  $C_0$  – относительная частота аварий судов возрастом  $i = 0$ .

Подставляя это выражение в (1) и учитывая, что  $\sum_i B_i = 1$ , имеем:

$$\bar{K} = \sum_i (ai^2 + C_0) B_i = ai_2 + C_0, \quad (2)$$

где  $i_2$  – среднее значение квадратов возраста судов, или начальный момент возраста судов 2-го порядка.

Полученное выражение можно переписать в другом виде, выразив начальный момент возраста судов 2-го порядка  $i_2$  через средний возраст  $i_1$  (начальный момент возраста судов 1-го порядка) и среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  возраста судов, входящих в состав флота. Подставляя  $i_2 = \sigma^2 + i_1^2$  в выражение (2) и воспользовавшись тем, что  $\sigma/i_1^2 = V$  – коэффициент вариации, после простых преобразований получим следующее выражение, определяющее математическое ожидание относительного числа аварий судов  $\bar{K}$  в зависимости от возрастной структуры флота:

$$\bar{K} = a(1+V^2)i_1^2 + C_0. \quad (3)$$

Таким образом, оказывается, что уровень аварийности флота будет зависеть, помимо среднего возраста судов  $i_1$ , также и от коэффициента вариации  $V$  возраста судов, входящих в состав флота, т.е. от степени рассеяния возраста судов вокруг своего среднего значения. Зависимость величины  $\bar{K}$  от указанных параметров возрастной структуры флота графически изображена на рисунке 2. Как видно из рисунка, при неизменном среднем возрасте судов уровень аварийности флота будет тем больше, чем больше коэффициент вариации  $V$  возраста судов; наоборот, уменьшение коэффициента вариации  $V$  должно вести к снижению уровня аварийности флота.

Следует заметить, что влияние коэффициента вариации  $V$  на величину  $\bar{K}$  тем меньше, чем меньше средний возраст судов  $i_1$ , входящих в состав флота. В соответствии с этим можно ожидать, что это влияние будет сказываться заметным образом, лишь при достаточно больших значениях  $i_1$ . Понятно, что при неизменном среднем возрасте судов наименьший уровень аварийности флота будет соответствовать условию  $V = 0$ . Физическое содержание этого условия заключается в том, что все суда в составе флота должны иметь один и тот же возраст.

Указанные выводы связаны, конечно, с предполагаемой нелинейностью (прогрессирующим характером) роста относительной частоты возникновения аварий  $C_i$  по мере старения судов, а отнюдь не с конкретным (параболическим) законом этого роста, который использовался в вычислениях. Поэтому эти выводы останутся в силе и в случае иного, более сложного закона изменения  $C_i$  по мере старения морских судов. Однако зависимость уровня аварийности флота от его возрастной структуры в этом случае тоже оказывается более сложной.

В частности, будем, теперь предполагать, что относительная частота возникновения аварий  $C_i$  увеличивается по мере старения судов в геометрической прогрессии по экспоненциальному закону:

$$C_i = C_0 \exp(\lambda i), \quad (4)$$

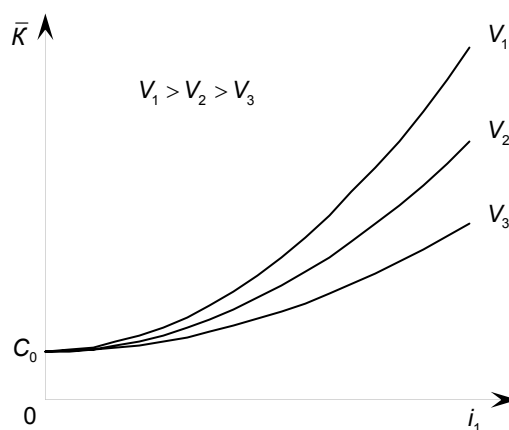


Рисунок 2 – Зависимость относительного числа аварий судов от возрастной структуры флота

где  $\lambda$  – соответствует возрасту судов, равному  $\lambda^{-1}$ , при котором относительная частота возникновения аварий становится в 2,718 раз больше  $C_0$ .

Но, подставляя это выражение в (1), мы не видим, что уровень аварийности флота  $\bar{K}$  должен зависеть от каких-либо параметров возрастной структуры флота. Для этого надо предварительно разложить функцию (4) в ряд по формуле Тейлора; как известно, общий вид такого разложения:

$$f(x) = f(a) + \sum_{k=1}^n \frac{f^{(k)}(a)}{k!} (x-a)^k + R_{n+1},$$

где  $f^{(k)}(a)$  – производная функции  $k$ -го порядка в точке  $x = a$ ;

$R_{n+1}$  – остаточный член разложения.

Положив здесь  $a = i_1$  и пренебрегая членами, содержащими производные более высокого порядка, чем четвёртого, напишем разложение (4) в виде:

$$C_i = C_0 \exp(\lambda i_1) \left[ 1 + \lambda(i-i_1) + \frac{\lambda^2}{2}(i-i_1)^2 + \frac{\lambda^3}{6}(i-i_1)^3 + \frac{\lambda^4}{24}(i-i_1)^4 \right].$$

Тогда, составляя сумму (1), получим:

$$\bar{K} = C_0 \exp(\lambda i_1) \left[ \sum_i B_i + \lambda \sum_i B_i (i-i_1) + \frac{\lambda^2}{2} \sum_i B_i (i-i_1)^2 + \frac{\lambda^3}{6} \sum_i B_i (i-i_1)^3 + \frac{\lambda^4}{24} \sum_i B_i (i-i_1)^4 \right].$$

Заметив, что сумма вида:

$$\sum_i B_i (i-i_1)^n,$$

есть не что иное, как центральный момент возраста судов  $n$ -го порядка и учитывая, что центральный момент 1-го порядка равен нулю, последнее выражение для  $\bar{K}$  можно написать в виде:

$$\bar{K} = C_0 \exp(\lambda i_1) \left[ 1 + \frac{\lambda^2}{2} \mu_2 + \frac{\lambda^3}{6} \mu_3 + \frac{\lambda^4}{24} \mu_4 \right], \quad (5)$$

где  $\mu_2, \mu_3$  и  $\mu_4$  – центральные моменты соответственно 2-го, 3-го и 4-го порядков.

Наконец, воспользовавшись известными соотношениями:

$$\mu_2 = \sigma^2; \quad A_s = \frac{\mu_3}{\sigma^3}; \quad E_k = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3,$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;

$A_s$  – асимметрия;

$E_k$  – эксцесс распределения возраста судов,

получим следующее окончательное выражение для  $\bar{K}$  в зависимости от возрастной структуры флота:

$$\bar{K} = C_0 \exp(\lambda i_1) \left[ 1 + \frac{(\lambda \sigma)^2}{2} + \frac{(\lambda \sigma)^3}{6} A_s + \frac{(\lambda \sigma)^4}{24} (E_k + 3) \right]. \quad (6)$$

Как видим, уровень аварийности флота  $\bar{K}$  оказывается теперь функцией не только от среднего возраста  $i_1$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$  возраста судов, но также и от асимметрии  $A_s$  и эксцесса  $E_k$  распределения возраста судов. Каждый из указанных параметров его возрастной структуры даёт свой вклад в общий уровень аварийности флота. Однако, ввиду того, что величина последовательных членов  $(\lambda \sigma)^n / n!$  в (6) быстро убывает, влияние  $A_s$  и  $E_k$  на величину  $\bar{K}$  будет, очевидно, незначительно по сравнению с влиянием среднего возраста  $i_1$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$  возраста судов, которые характеризуют наиболее важные черты возрастной структуры флота. Поэтому наличие асимметрии и эксцесса в распределении возраста судов, очевидно, не должно сказываться существенным образом на уровне аварийности флота при небольших значениях  $i_1$  и  $\sigma$ .

Итак, допущение о нелинейном (прогрессирующем) характере роста относительной

частоты возникновения аварий по мере старения судов приводит к выводу о зависимости уровня аварийности флота не только от среднего возраста судов, но также и от степени рассеяния возраста судов вокруг своего среднего значения, выражаемой средним квадратическим отклонением или коэффициентом вариации. Подчеркнём, что этот вывод основан именно на предположении о нелинейном характере роста аварийности судов по мере их старения, а отнюдь не на конкретных законах этого роста, которые использовались в вычислениях.

До настоящего времени, по существу, единственной характеристикой возрастной структуры флота, которую используют классификационные общества и другие организации, осуществляющие контроль над безопасностью мореплавания, служит средний возраст судов. Автор полагает, что приведённые выше рассуждения могут послужить основанием для систематического учёта не только среднего возраста судов, входящих в состав флота, но также, по крайней мере, и степени рассеяния возраста судов вокруг своего среднего значения. Это могло бы дать возможность предусмотреть новые стороны явлений и соответствующим образом ориентировать исследования в области безопасности мореплавания, в особенности, на уровне мирового флота в целом, где мы имеем дело с огромным количеством судов. Автор, в частности, полагает, что наблюдающийся с 1998 г. рост аварийности судов мирового флота [2] может быть связан именно с увеличением среднего квадратического отклонения возраста судов мирового флота. На это указывает наблюдавшийся в последние годы заметный рост среднего возраста и дисперсии возраста судов, отправляемых на скрап [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Casualty & Underwriting Statistics. A Joint Hull Committee View from London. IUMI 2002. - New York City. -Режим доступа: [www. IUMI.com](http://www.IUMI.com).
- 2 IUMI World Fleet Statistics. IUMI 2007. Copenhagen. -Режим доступа: [www. IUMI.com](http://www.IUMI.com).
- 3 International Shipping and World Trade: facts and figures // IMO Library Services. -2007. -Р. 24.



## ВИБРОЗАЩИТНОЕ КРЕСЛО-ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Л.В. Пахомова

При разработки эффективного виброзащитного кресла-оператора транспортных машин необходимо решить следующие требования, предъявляемые к креслу оператора:

- Снижение уровня общей вибрации, действующей на человека-оператора, путем преобразования вибрационных колебаний, поступающих от основания подвески сидения к посадочному месту и рассеивания их энергии при помощи специальных устройств, должно соответствовать отраслевым инструкциям и стандартам.

- Необходимость устойчивого положения кресла-оператора от воздействия вертикальных и горизонтальных сил, а также крутящих моментов относительно горизонтальной, продольной и поперечной осей.

- Возможность удобного доступа оператора ко всем устройствам и системам ручного и ножного управления.

- Надежность работы устройств и механизмов кресла на длительное время.

- Должны быть предусмотрены необходимые эргономические регулировки, а также регулировка по массе оператора в соответствии с Государственным стандартом.

- Современный дизайн.

На основании этих требований в лаборатории «Динамики и прочности судовых конструкций и механизмов» кафедры «Сопротивление материалов и строительной механики» НГАВТ разработано кресло оператора, предназначенное для виброзащиты оператора (машиниста локомотива, водителя автомобиля, судоводителя) от вредного воздействия виброколебаний кабины в полосе частот от 1 до 100 Гц. Общий вид кресла показан на рисунке 1. Кресло состоит из четырех основных сборочных единиц: основания; подвески; сидения; спинки.

Коэффициент вибропередачи  $\gamma$  определим для средних значений параметров как отношение ускорения сидения оператора к ускорению основания:

$$\gamma = \sqrt{\frac{c^2 + b^2 \omega^2}{(c - m\omega^2)^2 + b^2 \omega^2}},$$

где  $c$  – эквивалентная жесткость упругих элементов;

$b$  – коэффициент вязкого трения демпфера,  
 $b = 1000 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ ;

$\omega$  – частота колебаний основания,  $\text{с}^{-1}$ ;

$m$  – наименьшая масса оператора, согласно  
ГОСТ 12.4.025-76  $m = 50 \text{ кг}$ .

График коэффициента вибропередачи имеет вид практически монотонно убывающей кривой. Из рисунка 2 следует, что подвеска эффективна во всем диапазоне рабочих частот. Наибольший относительный эффект наблюдается на низкой частоте (1...16 Гц), где коэффициент вибропередачи ниже нормы требований инструкции ФТСЖТ ЦТ\_ЦП 053-2000 МПС РФ в 1,2 раза.

Колебания кресла-оператора являются пространственными, поэтому определим коэффициент вибропередачи упругой подвески в горизонтальной плоскости. Жесткость основной пружины в горизонтальной плоскости равна

$$c_t = \left[ \left( \frac{73,6DL^2}{3Ed^4} + \frac{2D(4k^2 + 3,6)}{d^2E} \right) n \right]^{-1} = 4863 \text{ Н}/\text{м}.$$

В этом случае график коэффициента вибропередачи имеет вид (рисунок 3). Из рисунка 3



Рисунок 1 – Общий вид кресла

видно, что в горизонтальной плоскости упругая подвеска кресла-оператора во всем диапазоне эффективна. На низких частотах, возможна раскачка сиденья, которая может потребовать установки дополнительного демпфера.

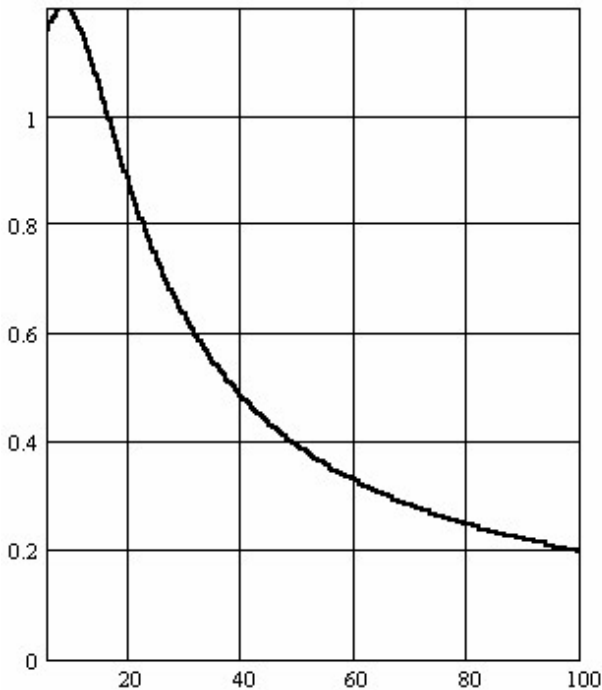


Рисунок 2 – График коэффициента вибропередачи для жесткости 6900 Н/м, массы 50 кг и коэффициента демпфирования 1000 Н·с/м

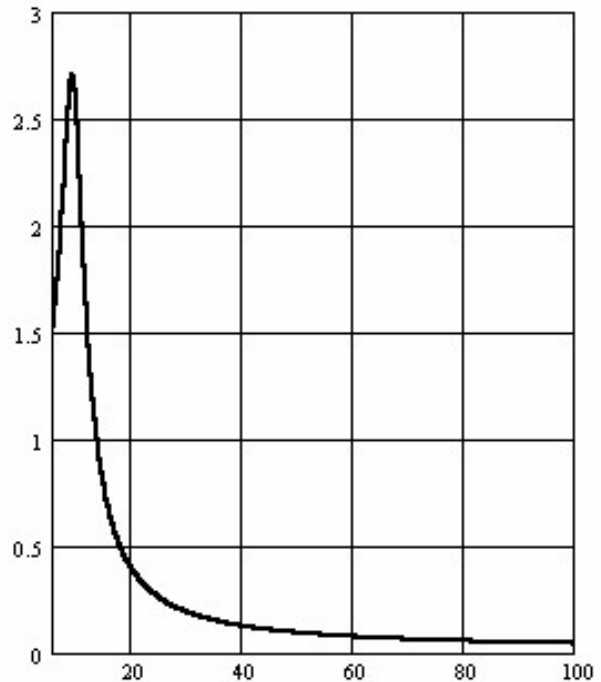


Рисунок 3 – Коэффициент вибропередачи в горизонтальном направлении для жесткости 4863 Н/м, массы 50 кг и коэффициента демпфирования 200 Н·с/м

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Фролов, К.В. Вибрация – друг или враг? / К.В. Фролов. -М.: Наука, 1984. -144 с.  
 2 Никифоров, И.С. Подвеска сиденья / И.С. Никифоров // Охрана труда и социальное страхование. -1987. -№12.  
 3 Галынин, И.А. Испытания модели кресла машиниста / И.А. Галынин // Труды БИТМ. -Брянск, 1976. -Вып. 26. -С. 159-162.

**РАБОТА ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.В. Штельмах, С.С. Глушков, С.В. Викулов**

Работа возмущающих моментов играет важную роль в расчете крутильных колебаний и оказывает непосредственное влияние на результаты расчета – вынужденную амплитуду колебаний и напряжения в элементах крутильно-колеблющейся системы.

Разложение крутящего момента от сил давления газов одного цилиндра может быть выполнено различными способами гармонического анализа [1]. Результатом такого разложения является выражение:

$$M_e = M_{cp} + \sum_{k>0} M_{эк} \sin(k\omega t + \psi_{эк}), \tag{1}$$

где  $M_{cp}$  – средний крутящий момент;  
 $M_{эк}$  – амплитуда  $k$ -ой гармоники;  
 $k$  – порядок гармоники;

- $\omega$  – угловая скорость вращения вала;
- $t$  – время;
- $\psi_{ек}$  – начальная фаза гармоники по отношению к положению поршня в верхней мертвой точке.

Амплитуда  $k$ -ой гармоники применительно к бескомпрессорному двигателю с воспламенением от сжатия может быть определена по формуле [1]:

$$M_{ке} = \frac{\pi D^2}{M} p_c y_k, \quad (2)$$

- где  $m$  – тактность двигателя ( $m = 2$  для двухтактного дизеля и  $m = 4$  для четырехтактного двигателя);
- $D$  – диаметр цилиндра;
- $R$  – радиус кривошипа;
- $p_c$  – давление сжатия;
- $y_k$  – гармонический коэффициент  $k$ -ой гармоники, зависящий нелинейно от давления сжатия.

Работа  $k$ -ой гармоники в пределах цикла на  $i$ -ом колене [2]:

$$A_{ki} = \pi M_{ке} a_i \sin(k\delta_i + \gamma_k), \quad (3)$$

- где  $\delta_i$  – угол заклинки  $i$ -ого кривошипа;
- $a_i$  – относительная амплитуда колебаний  $i$ -ой моторной массы;
- $\gamma_k$  – угол запаздывания  $k$ -ой гармоники, определяемый из условия максимума работы возмущающей гармоники при резонансе.

Суммируя результат, полученный по формуле (3) по всем моторным массам [2], получаем полную работу  $k$ -ой гармоники за цикл:

$$A_k = \sum_{i=1}^q A_{ki}. \quad (4)$$

Очевидно, что работа  $k$ -ой гармоники согласно (3) зависит от относительных амплитуд колебаний.

Судовая энергетическая установка теплохода проекта 121 состоит из: дизеля 4190ZLC-2 мощностью 165 кВт при частоте вращения коленчатого вала 1000 мин<sup>-1</sup>; реверс-редукторной передачи РР-300 с передаточным отношением 1:2,38 (на передний и задний ход); валопровода; четырехлопастного гребного винта фиксированного шага.

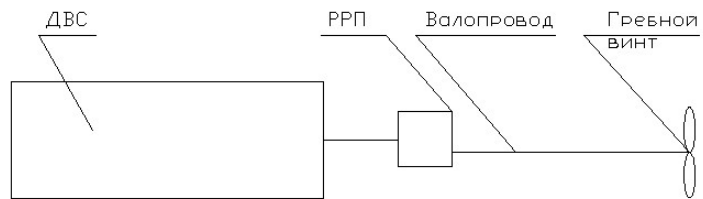


Рисунок 1 – Структурная схема судовой энергетической установки теплохода пр. 121

Принципиальная схема судовой энергетической установки приведена на рисунке 1. Результаты расчета собственных частот и относительных амплитуд колебаний для каждого кривошипа при работе судовой энергетической установки на передний ход представлены в таблице. Оценка результатов расчета проводилась согласно требованиям [3] (Руководство Р.009-2004). Наиболее сильными для четырехцилиндрового двигателя 4190ZLC-2 являются гармоники второго и четвертого порядков. Результаты расчета работы гармонических возмущающих моментов от сил давления газов согласно (4) с учетом данных таблицы представлены на рисунке 2.

Таблица – Результаты расчета относительных амплитуд колебаний

Номер кривошипа (от фланца отбора мощности)	691,47 кол./мин.	1837,75 кол./мин.	8418,43 кол./мин.	9313,82 кол./мин.
1	1	1	1	1
2	0,998664	0,990550	0,795406	0,747598
3	0,996596	0,975977	0,504487	0,395882
4	0,993799	0,956356	0,158817	-0,008420

По рисунку 2 можно проследить общую тенденцию изменения работы гармонического возмущающего момента от сил давления газов в цилиндрах в зависимости от относительных амплитуд колебаний, а, следовательно, и от ее формы: работа уменьшается от одноуз-

ловой формы колебаний к четырехузловой. Из рисунка 2 видно, что при одноузловой форме колебаний работа возмущающего момента может принимать большие значения при порядке гармоники  $k = 0,5$ ;  $k = 1$  и  $k = 1,5$ ; чем при  $k = 4$  и  $k = 2$ . Вышесказанное подтверждается результатами торсиографирования представленными на рисунке 3 в относительном масштабе на нерезонансной частоте вращения.

Работа возмущающего момента за цикл, Н·м

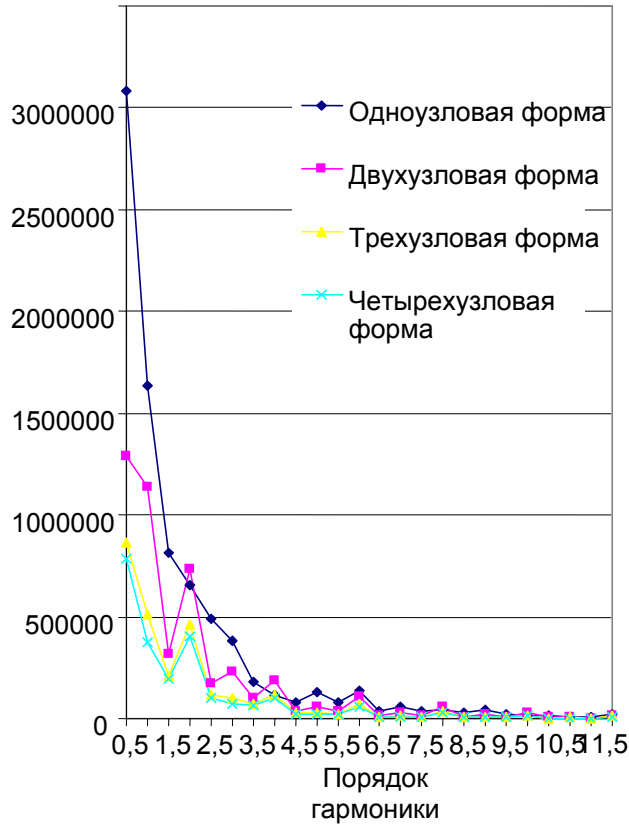


Рисунок 2 – Результаты расчета работы возмущающих моментов

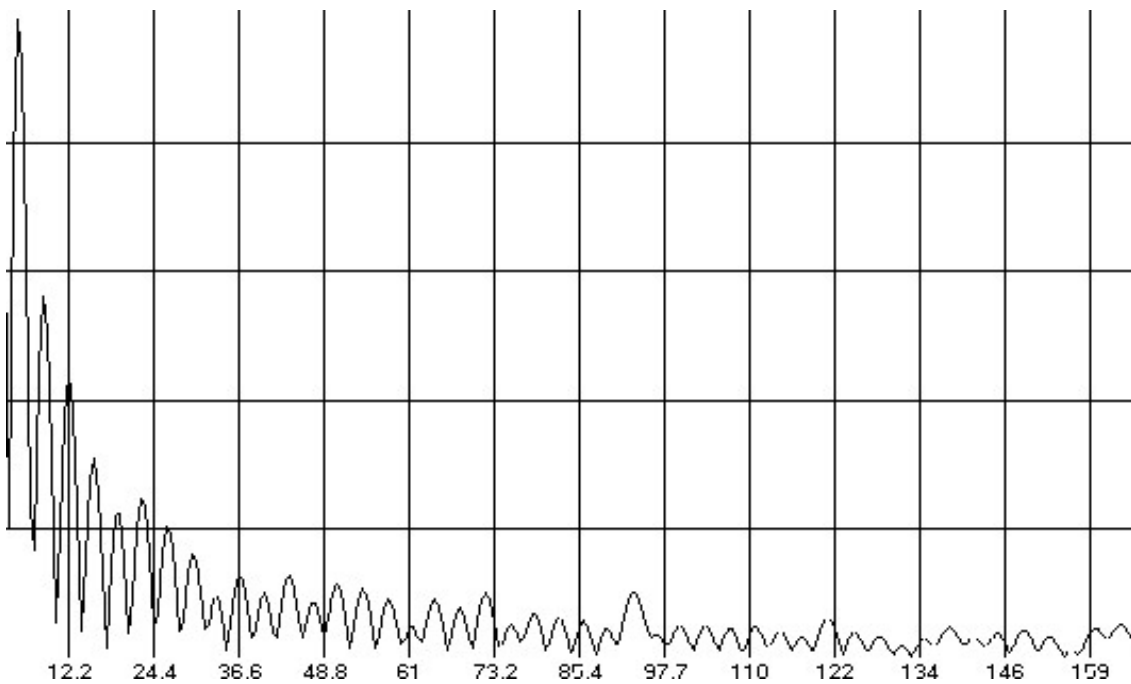


Рисунок 3 – Результаты торсиографирования судовой энергетической установки теплохода проекта 121 с дизелем 4190ZLC-2.

Выводы:

- из рисунка 2 видно, что работа гармонических возмущающих моментов от сил давления газов в цилиндре зависит от формы колебаний;
- при расчете работы возмущающих моментов четырехцилиндровых дизелей помимо опасных гармоник следует уделять особое внимание работе возмущающих моментов порядков  $k = 0,5$ ,  $k = 1$ ,  $k = 1,5$  при различных формах колебаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Истомин, П.А. Крутильные колебания в судовых ДВС / П.А. Истомин. -Л.: Судостроение, 1968. -303 с.
- 2 Краснокутский, А.Н. Расчет коленчатого вала ДВС на крутильные колебания: учеб. пособие / А.Н. Краснокутский. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. -32 с.
- 3 Российский Речной Регистр. Руководство Р.009-2004 «Расчет и измерение крутильных колебаний валопроводов и агрегатов». -М.: Изд-во МАИ, 2004.

## **РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНЫХ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Л.М. Коврижных**

Решена задача определения собственных частот колебаний дискретных многомассовых систем. Приведен пример их расчета.

В данной работе рассматриваются произвольные колебательные процессы дискретных систем нескольких масс, подверженных свободным колебаниям. Конечно, колебания масс около своих положений равновесия считаются достаточно малыми, чтобы их можно было описать простыми уравнениями. Это могут быть продольные колебания нескольких грузов, сопряженных между собою пружинами, поперечные колебания мачт на корабле или нескольких масс на балке, крутильные колебания жестких дисков, закрепленных на одном валу или колебания масс (поршней) на коленчатом валу в ДВС и т.п.

Все эти процессы описываются практически одной и той же системой линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка (правда, со своими параметрами) [1].

В настоящей работе рассмотрен пример для 12-ти масс и рассчитаны соответствующие собственные частоты. Количество этих частот оказалось равным 12 – количеству степеней свободы системы, т.е. количеству масс, что соответствует теории [1].

Методика расчетов. Ввод исходных данных (конкретные значения переменных или параметров в виде чисел) для данной задачи в соответствующие ячейки листа Excel. Далее вводится матрица жесткостей системы по соответствующим формулам и матрица масс. Затем считается определитель матрицы равной разности первой и второй, умноженной на искомую частоту, и приравнивается нулю. Далее решается вековое уравнение относительно частоты [2]. Найденные частоты сводятся в отдельную таблицу. Для наглядности приводится график функции, задающих уравнение для частот. Там же указываются корни этого уравнения, т.е. искомые частоты. Построены также диаграммы частот.

Заметим, что описанная выше методика решает задачу нахождения частот практически для любых систем с достаточно большим количеством масс (степеней свободы) и, таким образом, является универсальной методикой для решения подобного рода класса задач. В настоящей работе рассмотрены примеры для 12-ти масс и рассчитаны соответствующие собственные частоты средствами Excel. Количество этих частот оказалось равным количеству степеней свободы системы – количеству масс, что соответствует теории [1].

Далее приведем некие теоретические посылки, теоретическую базу необходимую для расчетов частот. Для описания движения линейной системы с  $n$  степенями свободы ( $n$  масс) воспользуемся матричной формой записи основных уравнений движения системы [1].

Пусть  $x_i$ -перемещения, определяющие положения всех масс системы,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$F_i$  -силы, которые, при статическом действии на систему, вызывают перемещения  $x_i$ . Пусть  $m_i$  -величина  $i$ -ой массы. Запишем вектора перемещений и сил:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}; F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_n \end{pmatrix}.$$

В линейной системе эти вектора связаны зависимостями:

$$F = r \cdot x; x = d \cdot F,$$

где  $r, d$  – квадратные взаимно-обратные матрицы жесткости и податливости,

$$r \cdot d = d \cdot r = E, \tag{1}$$

где  $E$  – единичная матрица.

Тогда уравнения движения нашей системы можно записать в матричной форме:

$$m\ddot{x} + rx = P, \tag{2}$$

где  $P$  – вектор-столбец возмущающих сил;

$m$  – матрица масс, которая в рассматриваемых нами системах диагональная.

$$m = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & m_n \end{pmatrix}; P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{pmatrix}.$$

Умножая матричное уравнение (2) слева на матрицу податливости  $d$  и учитывая (1) получим:

$$d \cdot m\ddot{x} + x = d \cdot P, \tag{3}$$

это уравнение движения системы соответствует записи уравнений движения в обратной форме.

Свободные колебания системы определяются однородными уравнениями, соответствующими неоднородным уравнениям (2) и (3)

$$m\ddot{x} + rx = 0, \text{ или } d \cdot m\ddot{x} + x = 0. \tag{4}$$

Решение этих уравнений отыскивается в виде

$$x = u \cos(pt + \varphi),$$

где  $u$  – вектор амплитудных перемещений.

После подстановки в уравнение (4) получаем матричные уравнения, которым должен удовлетворять вектор амплитудных перемещений:

$$(r - p^2m)u = 0; [dm - (1/p^2)]u = 0. \tag{5}$$

Так как эти уравнения линейные и однородные, они могут иметь нетривиальные решения только в том случае, если их определители равны нулю. Отсюда получаем две равноправные формы записи уравнения для нахождения частоты  $p$ :

$$\det(r - p^2m) = 0; \tag{6}$$

$$\det[dm - (1/p^2)]u = 0. \tag{7}$$

Уравнение (6) называется частотным или вековым уравнением, уравнение (7) показывает, что обратные квадраты частот являются собственными числами матрицы  $A = d \cdot m$ .

В качестве примера рассмотрим систему  $n$  масс, соединенных между собою линейно-упругими пружинами и совершающую продольные колебания. Допустим, что эти массы известны. Обозначим их  $m_1, m_2, \dots, m_n$ ; их смещения относительно положения равновесия  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ; жесткость пружин между  $i$ -ой и  $i+1$  массой  $c_{i,i+1}$  и возмущающие силы  $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ .

Тогда уравнение движения массы  $m_i$  ( $i = 2, \dots, n$ ) запишется так:

$$m_i \ddot{x}_i + c_{i-1,i} (x_i - x_{i-1}) - c_{i,i+1} (x_{i+1} - x_i) = P_i(t).$$

Для первой массы уравнение будет отличаться отсутствием  $x_0$  (так как левый конец пружины  $c_{0,1}$  закреплен неподвижно), а для  $n$ -ой массы – отсутствием последнего слагаемого

го в левой части. Таким образом, получаем цепочку уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + (c_{0,1} + c_{1,2}) x_1 - c_{1,2} x_2 = P_1(t); \\ \dots \\ m_i \ddot{x}_i + (c_{i-1,i} + c_{i,i+1}) x_i - c_{i,i+1} x_{i+1} = P_i(t); \\ \dots \\ m_n \ddot{x}_n + c_{n-1,n} x_{n-1} - c_{n-1,n} x_n = P_n(t). \end{cases} \quad (8)$$

Эти уравнения являются уравнениями движения в прямой форме, причем отличны от нуля только коэффициенты влияния, связывающие силы и перемещения соседних масс:

$$r_{i-1,i} = -c_{i-1,i}; \quad r_{i,i} = -c_{i-1,i} + c_{i,i+1}; \quad r_{i,i+1} = -c_{i,i+1}. \quad (10)$$

Поэтому уравнения оказались чрезвычайно простыми по структуре: в каждое из них входит не более 3-х неизвестных, а в первое и последнее – по 2.

Также выглядят и уравнения крутильных колебаний для системы массивных дисков, закрепленных на упругом валу (правда, там уже присутствуют другие параметры).

Для этой системы (9) матрица коэффициентов жесткости  $r$  такова:

$$r = \begin{pmatrix} c_{0,1} + c_{1,2} & -c_{1,2} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -c_{1,2} & c_{1,2} + c_{2,3} & -c_{2,3} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -c_{2,3} & c_{2,3} + c_{3,4} & -c_{3,4} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & -c_{n-2,n-1} & c_{n-2,n-1} + c_{n-1,n} & -c_{n-1,n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -c_{n-1,n} & c_{n-1,n} \end{pmatrix},$$

где  $c_{i,i+1}$  – жесткость пружин между  $i$ -ой и  $i + 1$ -ой массой.

Вводится матрица масс, и рассчитывается определитель матрицы  $r - p^2 m$ , где  $p$  – неизвестная частота. Далее средствами Excel решается вековое уравнение (7), находятся все  $n$  собственные частоты.

Все расчеты и результаты представлены на следующих страницах. Для наглядности приведены графики определителей и диаграммы собственных частот.

Найденные частоты позволяют найти собственные амплитуды и соответственно собственные колебания системы, через которые выражается любое решение системы. Зная амплитуды, находятся формы колебаний и узлы (т.е. точки наиболее подверженные нагрузке, а значит разрушению), но это уже вопрос дальнейших исследований.

Итак, задача решена практически для любой системы с большим количеством масс и совсем необязательно теперь сводить подобные задачи к простым задачам с 2-мя 3-мя массами, заменяя группы масс на одну, с центром в центре масс этих групп как это указывалось ранее в литературе.

На рисунках 1 и 2 приведены фрагменты расчетов.

Заметим еще, что, вводя другие данные в строку масс или в строку коэффициентов жесткости в Excel-файл расчета частот, т.е. решая ту же задачу с другими параметрами, автоматически изменятся матрицы масс и жесткостей, поскольку в них заложены формулы со ссылками на ячейки данных масс и жесткостей соответственно. Это обстоятельство значительно ускоряет решение задачи с новыми данными. Таблица значений определителя также изменяется, но корни векового уравнения придется искать снова. Добавим еще, что при выбранных нами исходными данными, определитель оказывается очень большим по значению



Рисунок 1 – Фрагмент расчета определителя матрицы в Excel

(имеет порядок 40 в экспоненциальном формате). В этом случае решение векового уравнения не всегда возможно. Но если упомянутый определитель разделить на число этого порядка (т.е. на  $10^{40}$ ), то решение находится и таблица определителя и график его легко строятся. При этом коэффициент, на который происходит деление, не влияет на корни векового уравнения, т.е. на искомые собственные частоты.

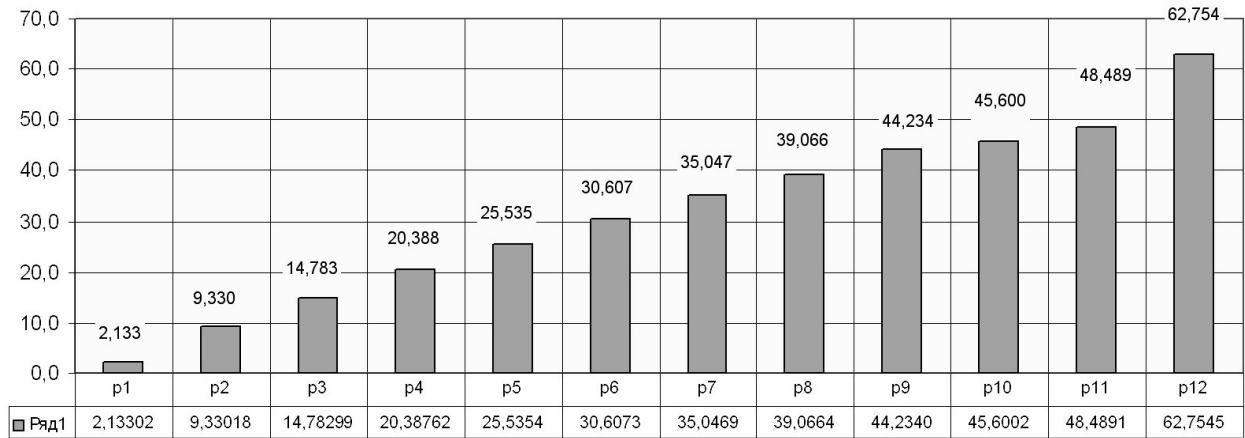


Рисунок 2 – Результаты расчета собственных частот для 12 масс

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний: учеб. для ВУЗов / В.Л. Бидерман. - М.: Высш. шк., 1980. -408 с.  
 2 Коврижных, А.М. Численное решение уравнений и систем на ПК: учеб.-метод. пособие / А.М. Коврижных, Л.М. Коврижных; Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -Новосибирск: НГАВТ, 2003. -60 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСООУГЛЕРОДИСТОГО ЛЕГИРОВАННОГО СПЛАВА, НАНЕСЁННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИСКОВЫХ НОЖЕЙ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**В.И. Кузьмин, А.В. Зоткевич, А.И. Бекетов, Р.В. Исаенко, А.А. Михальченко, А.О. Токарев**

Проведено исследование влияния режимов плазменного напыления порошкового высокоуглеродистого сплава марки ПГ-С27 (C-3,9%; Cr-26%; Si-1,5%; Ni-1,7%; W-0,3%; Mn-1,1%, Fe-остальное) на структуру покрытия. Для генерации плазменной струи использовался электродуговой плазмотрон постоянного тока номинальной мощностью 50 кВт. Режимным параметром, который варьировался в экспериментах, являлась скорость напыляемых частиц, которая менялась посредством изменения скорости истечения струи термической плазмы. С целью обеспечения плотности и повышения прочности покрытия предлагается вести напыление предварительно просеянным для получения однородного фракционного состава порошком при параметрах режима, обеспечивающих скорость плазменного потока 1480 м/с.

Износостойкие и защитные покрытия обеспечивают возможность создания новых изделий – композиций, сочетающих высокую прочность с износостойкостью, специальные свойства с достаточной надёжностью (трещиностойкостью), повышают эксплуатационную стойкость деталей машин и инструментов по сравнению со стойкостью, достигаемой известными способами термической обработки, позволяют восстанавливать изношенную поверхность и, следовательно, снижают потребность в запасных частях. С помощью покрытий получают особые свойства рабочей поверхности, например, жаропрочность, теплопроводность, заданный коэффициент трения и т.д. Они дают экономию дорогостоящих материалов, исполь-



зующихся для объёмного легирования [1].

Одним из наиболее распространенных на практике способов нанесения покрытий является газотермическое (газопламенное, плазменное, детонационное) напыление порошковых материалов. Максимальная температура нагрева частиц достигается при плазменном напылении. Высокая гибкость технологии и универсальность этого метода позволяют наносить покрытия различного функционального назначения в широком диапазоне их толщин. Даная технология известна уже более сорока лет. За это время плазменное напыление прошло путь от лабораторных исследований до широкого практического применения. Большие возможности этого метода и заинтересованность в его использовании привели к тому, что он явился предметом многочисленных публикаций и интенсивного совершенствования.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния режимов плазменного напыления порошкового высокоуглеродистого сплава марки ПГ-С27 на структуру, в первую очередь пористость покрытия. Данный материал представляет собой высокохромистый чугун следующего состава: С-3,9%; Cr-26%; Si-1,5%; Ni-1,7%; W-0,3%; Mn-1,1%, Fe-остальное. Твёрдость этого материала составляет не менее HRC59. Покрытия из данного сплава обладают высокой износостойкостью при абразивном изнашивании и, поэтому нашли широкое применение для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин, деталей экскаваторов, дорожных и строительных машин, арматуры систем гидроприводов и другой техники. Фракция используемого порошка в соответствии с его техническими характеристиками должна составлять 40-100 мкм.

Для генерации плазменной струи использовался электродуговой плазмотрон постоянного тока номинальной мощностью 50 кВт [2]. Плазмотрон выполнен по линейной схеме с секционированной межэлектродной вставкой. (МЭВ), которая обеспечивает, по сравнению с плазмотронами с самоустанавливающейся длиной дуги, существенно большее рабочее напряжение, хорошую осевую симметрию плазменной струи и минимальный уровень пульсации её параметров.

Газоразрядная камера плазмотрона представляет собой расширяющийся от катода к аноду канал, набранный из электрически изолированных друг от друга и от электродов секций МЭВ. Электроды плазмотрона представляют собой термохимический катод (медная обойма с запрессованной гафниевой вставкой) и медный цилиндрический анод. Все теплонапряжённые элементы плазмотрона охлаждались проточной водой.

В качестве плазмообразующего, защитного и транспортирующего газов использовался воздух. Плазмообразующий воздух подавался в канал плазмотрона тангенциально со стороны катода при помощи кольца закрутки. Напыляемый порошок при помощи транспортирующего воздуха подавался на срез сопла плазмотрона.

Режимы работы плазмотрона:

- Ток дугового разряда, А ..... 200;
- Расход защитного газа, кг/с .....  $0,1 \cdot 10^{-3}$ ;
- Расход плазмообразующего газа, кг/с ..... регулировался в пределах  $(1,2-2,4)10^{-3}$ ;
- Напряжение на дуговом разряде, В ..... 200-240;
- Среднемассовая температура плазмы на срезе сопла, К ..... 5900-6300;
- Среднемассовая скорость истечения струи плазмы на срезе сопла, м/с.... 844-1480
- Дистанция напыления, мм ..... 150;
- Производительность напыления, кг/ч ..... 7,0.

Покрытия напылялись на плоскость образцов, размером 2,5×15,0×19,0 мм, изготовленных из инструментальной стали 9ХФ.

Для оценки температуры и скорости частиц на дистанции напыления были проведены модельные расчёты межфазного обмена по методике приведённой в работе [3]. Как показали расчёты, на всех режимах имеет место полное проплавление напыляемых частиц. Причём на режимах, соответствующих расходам плазмообразующего газа  $1,2 \cdot 10^{-3}$  и  $1,5 \cdot 10^{-3}$  кг/с, частицы оказываются нагреты до температуры кипения и происходит частичное (до 7%) испарение напыляемого материала.

Режимным параметром, который варьировался в экспериментах, являлась скорость напыляемых частиц, которая, в свою очередь, менялась посредством изменения скорости истечения струи термической плазмы (рисунок 1).

Зависимость пористости покрытия от скорости потока плазмы на срезе сопла представлена на рисунке 2. Пористость определялась микроструктурным методом по микрофотографиям поперечно сечения покрытия до его травления.

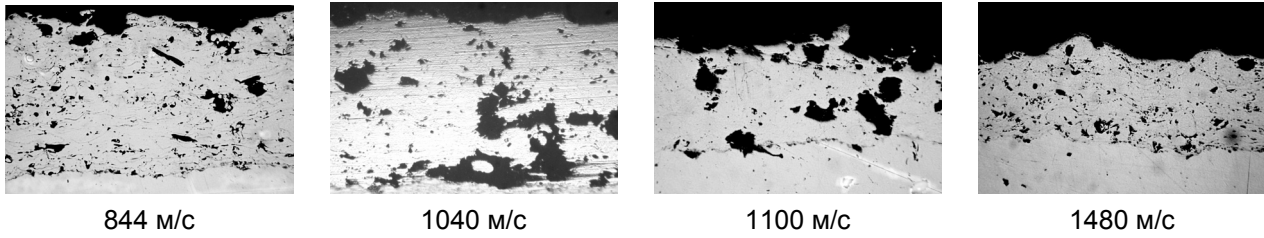


Рисунок 1 – Различные скоростные режимы напыления

Здесь необходимо отметить, что увеличение скорости струи приводит к снижению длительности межфазного взаимодействия в высокотемпературном гетерогенном потоке и соответственно к снижению температуры нагрева напыляемых частиц. Влияние скорости потока плазмы и, соответственно частиц на пористость напыляемых покрытий, как видно из графика на рисунке 2, неоднозначно.

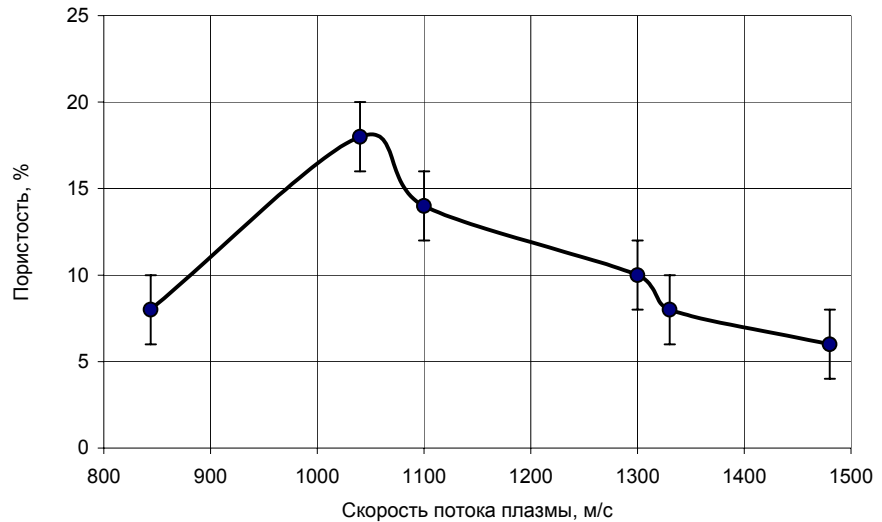


Рисунок 2 – Влияние скорости плазменного потока на пористость получаемого покрытия из порошка ПГ-С27

Судя по строению покрытия (рисунок 3) повышение его пористости при увеличении скорости потока до 1040-1100 м/с, вызвано разбрызгиванием напыляемого материала при соударении расплавленных частиц с основой, а также отрывом отдельных частиц и целых фрагментов от массива покрытия. Отрыв частиц порошкового сплава может быть следствием перегрева и окислением их поверхности в потоке. Очевидно, вырывание частиц и фрагментов покрытия имело место не только при напылении, но и в процессе приготовления микрошлифа при его механической обработке. Учитывая предназначение износостойкого покрытия, возможное увеличение значения пористости по сравнению с другими методами её оценки не следует считать существенной погрешностью, поскольку получаемые значения адекватно характеризуют пригодность покрытий к исполнению служебных функций.

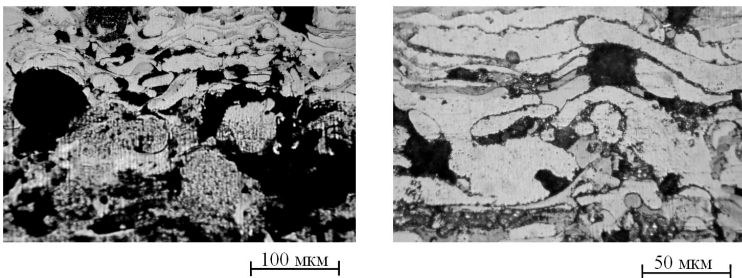


Рисунок 3 – Микроструктура порошкового (ПГ-С27) покрытия, нанесённого плазменной струей. Скорость струи плазмы при напылении 1100 м/с

Дальнейшее повышение скорости потока плазмы в интервале от 1300 м/с до 1480 м/с приводит к снижению пористости, что можно объяснить уменьшением времени пребывания частиц порошка в потоке плазмы и, следовательно, снижением температуры их нагрева.

Пористость и неоднородность покрытия связаны не только с параметрами технологического процесса напыления, но и с большим разбросом размеров частиц порошка. В напылённом покрытии наблюдаются

частицы размером от 10 мкм до 120 мкм. Крупные частицы при транспортировании в струе плазмы не расплавляются полностью и сохраняют твёрдый керн с дендритным строением первичных карбидов (рисунок 4). Частицы меньшего размера расплавляются во время пребывания в двухфазном потоке и кристаллизуются при растекании по поверхности основы с образованием структуры твёрдого раствора.

В результате выполненного эксперимента получено покрытие, которое при высокой твёрдости отдельных частиц имеет общую твёрдость HRC 42-44, что не позволяет говорить о высокой износостойкости полученного покрытия.

С целью обеспечения плотности, повышения адгезионной и когезионной прочности покрытия и, следовательно, его износостойкости в дальнейшем предлагается вести напыление покрытия предварительно просеянным для получения однородного фракционного состава порошком при параметрах режима, обеспечивающих скорость плазменного потока 1480 м/с.

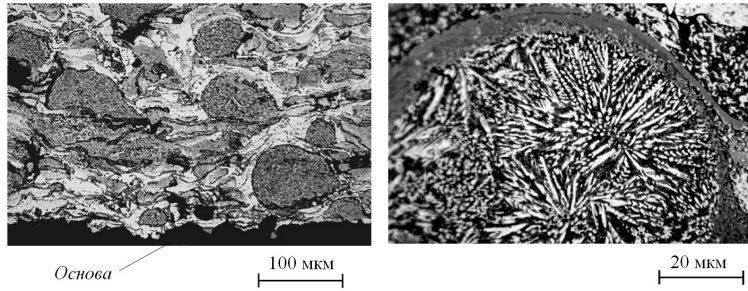


Рисунок 4 – Микроструктура порошкового (ПГ-С27) покрытия, нанесённого плазменной струёй. Скорость двухфазного потока при напылении 1480 м/с

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тушинский, Л.И. Методы исследования материалов : структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий: учеб. пособие / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов, А.О. Токарев. -М.: Мир, 2004. -384 с. : ил.  
 2 Кузьмин, В.И. Плазменная термообработка газотермических покрытий: дис. ... канд. техн. наук / В.И. Кузьмин. -150 с.  
 3 Солоненко, О.П. Межфазный обмен теплом в условиях радиально-кольцевой инжекции дисперсного материала в потоке плазмы / О.П. Солоненко, А.Л. Сорокин // Изв. СО РАН СССР. Сер. Технич. науки. -Новосибирск, 1990. -Вып. 5. -С. 73-82.

**НОВЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**В.И. Фомин, О.Г. Куделин**

Предложен новый метод вычисления определенного интеграла вида [1]:

$$I = \int_1^m \frac{e^{px}}{x^s} dx, \forall p \in R, (p \neq 0), s > 0.$$

С этой целью приводится пример вычисления такого интеграла в соответствии с имеющимися ограничениями на параметры  $m, p, s$

$$I = \int_1^4 \frac{e^{\frac{1}{2}x}}{\sqrt{x}} dx, \tag{1}$$

с последующей оценкой точности, которая в данной статье принимается, равной  $\delta = 10^{-3}$ , хотя в общем случае она может быть и меньшей.

Полагая в (1)  $x = \frac{5}{2} + \frac{3}{2} \ln(t)$ , так, что

$$\begin{cases} \exp(x/2) = \exp(5/4)t^{3/4}; \\ dx = \frac{3}{2} \frac{dt}{t}; \\ 1 \rightarrow \exp(-1), 4 \rightarrow \exp(1), \end{cases}$$

тогда искомым интеграл преобразуется к виду

$$I = \frac{3}{2} \exp(5/4) \int_{\exp(-1)}^{\exp(1)} \frac{t^{-1/4}}{\sqrt{\frac{5}{2} + \frac{3}{2} \ln(t)}} dt = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2}{5}} \exp(5/4) \int_{\exp(-1)}^{\exp(1)} \frac{t^{-1/4}}{\sqrt{1 + \frac{3}{2} \ln(t)}} dt, \tag{2}$$

Так как при  $t \in [\exp(-1), \exp(1)]$  справедливо неравенство  $\left| \frac{3}{5} \ln(t) \right| = \frac{3}{5} |\ln(t)| \leq \frac{3}{5} < 1$ , то подынтегральную функцию в правой части равенства (2) можно разложить в биномиальный ряд, т.е. представить ее в виде

$$\frac{t^{-1/4}}{\sqrt{\frac{5}{2} + \frac{3}{2} \ln(t)}} = t^{-1/4} \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \left(\frac{3}{5}\right)^n \ln^n(t) \right], \quad (3)$$

и поэтому задача сводится к вычислению значений числовой последовательности, определяемой формулой

$$I_n = \frac{3}{8} \int_{\exp(-1)}^{\exp(1)} t^{-1/4} \ln^n(t) dt; \quad (n \in N_0). \quad (4)$$

Выведем для членов последовательности  $I_n$  рекуррентное соотношение. Имеем:

$$I_n = \left\{ \begin{array}{l} \text{интегрирование по частям} \\ u = \ln^n(t) \rightarrow du = n \frac{\ln^{n-1}(t)}{t} dt \\ dv = \frac{3}{8} t^{-1/4} dt \rightarrow v = \frac{t^{3/4}}{2} \end{array} \right\} = \frac{t^{3/4}}{2} \ln^n(t) \Big|_{\exp(-1)}^{\exp(1)} - \frac{n}{2} \int_{\exp(-1)}^{\exp(1)} t^{-1/4} \ln^{n-1}(t) dt =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \exp(3/4) - (-1)^n \exp(-3/4) \right] - \frac{1}{2} \frac{8^4}{3} I_{n-1} = \begin{cases} \operatorname{ch}(3/4) - \frac{4}{3} n I_{n-1}, & \text{если } n = 2k - 1; \\ \operatorname{sh}(3/4) - \frac{4}{3} n I_{n-1}, & \text{если } n = 2k; \\ k \in N. \end{cases} \quad (5)$$

Осталось вычислить следующий определенный интеграл

$$I_0 = \frac{3}{8} \int_{\exp(-1)}^{\exp(1)} t^{-1/4} dt = \frac{1}{2} t^{3/4} \Big|_{\exp(-1)}^{\exp(1)} = \frac{1}{2} (\exp(3/4) - \exp(-3/4)) = \operatorname{sh}\left(\frac{3}{4}\right). \quad (6)$$

Ввиду (5) и (6), получаем искомое рекуррентное соотношение для членов последовательности  $I_n$ :

$$I_0 = \operatorname{sh}\left(\frac{3}{4}\right); \quad I_n = \begin{cases} \operatorname{ch}\left(\frac{3}{4}\right) - \frac{4}{3} n I_{n-1}, & \text{если } n = 2k - 1; \\ \operatorname{sh}\left(\frac{3}{4}\right) - \frac{4}{3} n I_{n-1}, & \text{если } n = 2k; \\ k \in N. \end{cases} \quad (7)$$

В соответствии с (2) и (4), имеем следующее выражение для искомого интеграла

$$I = 4 \sqrt{\frac{2}{5}} \exp\left(\frac{5}{4}\right) \left[ I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \left(\frac{3}{5}\right)^n I_n \right], \quad (8)$$

в котором члены последовательности  $I_n$  определяются рекуррентным соотношением (7).

В виду определения последовательности  $I_n$ , и разложением (8), заключаем, что ряд, стоящий в правой части равенства (8), является знакоперевающимся рядом лейбницевского типа, поэтому абсолютная погрешность  $R_n$  замены суммы этого ряда (т.е. значения искомого определенного интеграла) его  $n$ -ой частичной суммой удовлетворяет неравенству

$$|R_n| < 4 \sqrt{\frac{2}{5}} \exp(5/4) \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \left(\frac{3}{5}\right)^n I_n. \quad (9)$$

Вычислим несколько первых членов последовательности  $I_n$ , исходя из рекуррентного

СООТНОШЕНИЯ

$$\begin{cases} I_0 = 0,8223167319; & I_1 = 0,1982609754; \\ I_2 = 0,2936207975; & I_3 = 0,1202000948; \\ I_4 = 0,1812495594; & I_5 = 0,0863528884; \\ I_6 = 0,1314936245; & I_7 = 0,0674094563; \\ I_8 = 0,10328253141; & I_9 = 0,05529290771. \end{cases}$$

При этом

$$|R_9| < 4\sqrt{\frac{2}{5}} \exp\left(\frac{5}{4}\right) \frac{17!!}{18!!} \left(\frac{3}{5}\right)^9 I_9 = 0,000912564 < \delta = 10^{-3},$$

поэтому для достижения требуемой точности достаточно ограничиться первыми 9-ю членами полученного выше разложения (8), что дает следующее значение искомого определенного интеграла

$$I = 4\sqrt{\frac{2}{5}} \exp\left(\frac{5}{4}\right) \left[ I_0 + \sum_{n=1}^8 (-1)^n \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \left(\frac{3}{5}\right)^n I_n \right] = 4\sqrt{\frac{2}{5}} \exp\left(\frac{5}{4}\right) \cdot 0,8004636 = 7,068. \quad (12)$$

Вычислим интеграл  $I$  с помощью формулы Симпсона [1]. Полагая в (1)  $\sqrt{x} = t$ , так что

$$\left. \begin{cases} dt = \frac{dx}{2\sqrt{x}} \\ 1 \rightarrow 1, 4 \rightarrow 2 \end{cases} \right\}, \text{ преобразуем его к виду}$$

$$I = 2 \int_1^2 \exp(t^2/2) dt. \quad (13)$$

Обозначив  $F(t) = 2 \exp(t^2/2)$ , вычислим четвертую производную от этой функции в виде

$$F^{(4)}(t) = 2 \exp(t^2/2) (t^4 + 6t^2 + 3). \quad (14)$$

Так как  $F^{(4)}(t)$ , согласно (14), на  $t \in [1, 2]$  монотонно возрастает, то имеем

$$F^{(4)}(t) \leq F^{(4)}(2) = 86 \exp(2).$$

Поэтому для оценки абсолютной погрешности по формуле Симпсона получаем выражение

$$\Delta = \frac{86 \exp(2) h^4}{180} = \frac{43 \exp(2) h^4}{90}. \quad (15)$$

Для определения шага  $h$  при  $\delta = \Delta = 10^{-3}$  достаточно решить уравнение (15), из которого следует, что ( $h \approx 0,129731748 \rightarrow N = 7,708$ ), так что для достижения требуемой точности вычисления достаточно разделить отрезок  $[1, 2]$  на восемь равных частей.

Вычисляем значения  $F(t)$  в узлах разбиения

$$\begin{cases} y_0 = F(1) \approx 3,297442541; \\ y_1 = F(9/8) \approx 3,765797584; \\ y_2 = F(5/4) \approx 4,368401622; \\ y_3 = F(11/8) \approx 5,147235017; \\ y_4 = F(3/2) \approx 6,160433698; \\ y_5 = F(13/8) \approx 7,489182758; \\ y_6 = F(7/4) \approx 9,247906306; \\ y_7 = F(15/8) \approx 11,59947317; \\ y_8 = F(2) \approx 14,77811220. \end{cases}$$

Теперь по формуле Симпсона получаем следующее выражение для искомого определенного интеграла (1)

$$I \approx \frac{1}{24} \left( y_0 + y_8 + 4 \sum_{i=1}^4 y_{2i-1} + 2 \sum_{i=1}^3 y_{2i} \right) = 7,068,$$

которое полностью согласуется с ранее полученным результатом (12).

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.2. / Г. М. Фихтенгольц. -М.: Физматгиз, 1962. -807 с.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНЫХ СУММ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**О.Г. Куделин, Е.В. Смирнова**

Результаты вычисления.

В статье [1] был получен результат вычисления следующего определенного интеграла

$$U = \int_0^q x^{p \cdot x + \alpha} dx; \forall \alpha \in [0, +\infty), \forall p \in R, \forall x \in [0, +\infty), q > 0, \quad (1)$$

с помощью двойной суммы в виде

$$U = \int_0^q x^{p \cdot x + \alpha} dx = q^{\alpha+1} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left( \frac{p \cdot q}{k + \alpha + 1} \right)^k \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \ln^s(q) (k + \alpha + 1)^{s-1}}{s!}. \quad (2)$$

Вычисление определенного интеграла (1) с помощью выражения (2) было проверено численным методом по формуле Симпсона [2] при различных значениях введенных параметров из области их определения.

В данной статье предлагается вычислить интеграл (1) в общем виде

$$I = \int_{q_1}^{q_2} x^{p \cdot x^r + \alpha} dx, x \geq 0, \quad (3)$$

где  $q_1, q_2, p, r, \alpha$  – параметры.

Определим область изменения введенных параметров  $q_1, q_2, p, r, \alpha$ .

Разложим подынтегральную функцию (5) в ряд Маклорена [2], тогда получим:

$$x^{p \cdot x^r + \alpha} = x^\alpha \sum_{k=0}^{\infty} \frac{p^k}{k!} x^{rk} \ln^k x. \quad (6)$$

Ряд, входящий в состав правой части (6), сходится абсолютно при следующих ограничениях

$$\forall p \in R, \begin{cases} \forall x \in (0, +\infty), \{x^r \ln(x) \in (0, +\infty)\}, \forall (\alpha, r) \in R^2, q_2 > q_1 > 0; \\ \forall x \in [0, +\infty), \{r > 0, x^r \cdot \ln(x) \in [0, +\infty), \left[ \lim_{x \rightarrow +0} x^r \ln(x) = 0 \right], \forall \alpha \in [0, +\infty)\}, q_2 > q_1 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

И действительно, перейдем из ряда (6) в ряд, составленный из неотрицательных его членов

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{|p|^k}{k!} x^{rk} \ln^k x.$$

Для установления области сходимости этого ряда воспользуемся признаком Даламбера [3]

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{|p|^{k+1} x^{r(k+1)} \ln^{k+1} x k!}{(k+1)! |p|^k x^{rk} \ln^k x} = |p| x^r \ln x \cdot \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{1}{k+1} = 0 < 1. \quad (8)$$

Неравенство (8) указывает на абсолютную сходимость при условии (7).

Интеграл (3), согласно разложению (6) и ограничениям (7), примет следующий вид:

$$I = \int_{q_1}^{q_2} x^{p x^r + \alpha} dx = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{p^k}{k!} \cdot \int_{q_1}^q x^{rk+\alpha} \ln^k x dx. \quad (9)$$

Обозначив формулой (10) интеграл

$$I_{k,m} = \int_{q_1}^{q_2} x^{rk+\alpha} \ln^m x dx; \quad (k, m) \in N_0, \quad (10)$$

возьмём его по частям

$$\begin{aligned} I_{k,m} &= \int_{q_1}^{q_2} x^{rk+\alpha} \cdot \ln^m x dx = \left\{ \begin{array}{l} x^{rk+\alpha} dx = dv, v = \frac{x^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \\ \ln^m x = u, du = m \cdot \ln^{m-1} x \cdot \frac{dx}{x} \end{array} \right\} = \\ &= \frac{x^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \cdot \ln^m x \Big|_{q_1}^{q_2} - \frac{m}{rk+\alpha+1} \int_{q_1}^{q_2} x^{rk+\alpha} \cdot \ln^{m-1} x \cdot dx = \\ &= \left[ \frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \ln^m q_2 - \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \ln^m q_1 \right] - \frac{m}{rk+\alpha+1} \cdot I_{k,m-1}. \end{aligned} \quad (11)$$

следовательно, согласно (10), по формуле (11) имеем

$$\begin{aligned} I_{k,0} &= \int_{q_1}^{q_2} x^{rk+\alpha} \ln^0 x dx = \frac{x^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \Big|_{q_1}^{q_2} = \frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} - \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1}; \\ I_{k,1} &= \frac{1}{rk+\alpha+1} [q_2^{rk+\alpha+1} \ln(q_2) - q_1^{rk+\alpha+1} \ln(q_1)] - \frac{1}{rk+\alpha+1} \cdot \frac{1}{rk+\alpha+1} [q_2^{rk+\alpha+1} - q_1^{rk+\alpha+1}] = \\ &= -\frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} \cdot (1 - (rk+\alpha+1)\ln(q_2)) + \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} (1 - (rk+\alpha+1)\ln(q_1)). \\ I_{k,2} &= \frac{1}{rk+\alpha+1} [q_2^{rk+\alpha+1} \ln^2(q_2) - q_1^{rk+\alpha+1} \ln^2(q_1)] - \frac{2}{rk+\alpha+1} \cdot I_{k,1} = \\ &= \frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \cdot \ln^2(q_2) - \frac{2}{rk+\alpha+1} \left( -\frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} \cdot (1 - (rk+\alpha+1)\ln(q_2)) \right) - \\ &- \left[ \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \ln^2(q_1) - \frac{2}{rk+\alpha+1} \left( -\frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} (1 - (rk+\alpha+1)\ln(q_1)) \right) \right] = \\ &= \left[ \frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \ln^2(q_2) + \frac{2 \cdot q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^3} - 2 \frac{q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} \ln(q_2) \right] - \\ &- \left[ \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{rk+\alpha+1} \ln^2(q_1) + \frac{2 \cdot q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^3} - 2 \frac{q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^2} \ln(q_1) \right] = \\ &= \frac{2! q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^3} \left( \frac{\ln^2(q_2)(rk+\alpha+1)^2}{2!} - \ln(q_2)(rk+\alpha+1) + 1 \right) - \\ &- \frac{2! q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^3} \left( \frac{\ln^2(q_1)(rk+\alpha+1)^2}{2!} - \ln(q_1)(rk+\alpha+1) + 1 \right); \quad (12) \\ I_{k,3} &= \frac{-3! q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^4} \cdot \left( -\frac{\ln^3(q_2)(rk+\alpha+1)^3}{3!} + \frac{\ln^2(q_2)(rk+\alpha+1)^2}{2!} - \ln(q_2)(rk+\alpha+1) + 1 \right) - \\ &- \frac{-3! q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^4} \cdot \left( -\frac{\ln^3(q_1)(rk+\alpha+1)^3}{3!} + \frac{\ln^2(q_1)(rk+\alpha+1)^2}{2!} - \ln(q_1)(rk+\alpha+1) + 1 \right). \end{aligned}$$

Обобщая формулы (12), получим рекуррентное соотношение:

$$I_{k,m} = \frac{(-1)^m m! q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^{m+1}} \sum_{s=1}^m \frac{(-1)^s \ln^s(q_2)(rk+\alpha+1)^s}{s!} - \frac{(-1)^m m! q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^{m+1}} \sum_{s=1}^m \frac{(-1)^s \ln^s(q_1)(rk+\alpha+1)^s}{s!},$$

которое при  $m = k$  преобразуется к виду

$$I_{k,k} = \frac{(-1)^k k! q_2^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^{k+1}} \sum_{s=1}^k \frac{(-1)^s \ln^s(q_2)(rk+\alpha+1)^s}{s!} - \frac{(-1)^k k! q_1^{rk+\alpha+1}}{(rk+\alpha+1)^{k+1}} \sum_{s=1}^k \frac{(-1)^s \ln^s(q_1)(rk+\alpha+1)^s}{s!}. \quad (13)$$

Подставляя полученное выражение (13) в (9), запишем значение искомого интеграла в виде двойной суммы:

$$I = \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r+\alpha} dx = q_2^{\alpha+1} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left( \frac{p \cdot q_2^r}{rk+\alpha+1} \right)^k \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \ln^s(q_2)(rk+\alpha+1)^{s-1}}{s!} - q_1^{\alpha+1} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left( \frac{p \cdot q_1^r}{rk+\alpha+1} \right)^k \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \ln^s(q_1)(rk+\alpha+1)^{s-1}}{s!}. \quad (14)$$

Искомый интеграл (9), в соответствии с полученным выражением (14), с заданными параметрами  $q_1, q_2, p, \alpha$ , проверялся численным методом по формуле Симпсона [2] с точностью  $10^{-8}$ . Результаты представлены в таблице. Бесконечные суммы в формуле (14) просчитывались при конечных значениях  $N$ , которые указаны в таблице.

Таблица – Результаты расчета интеграла

$N$	$q_1$	$q_2$	$r$	$p$	$\alpha$	Аналитическое	Численное
20	0	3	1,5	-2	1,5	62,40607969	1,02764182
30	0	3	1,5	-2	1,5	1,03866986	1,02764182
35	0	3	1,5	-2	1,5	1,02759948	1,02764182
45	0	3	1,5	-2	1,5	1,02764187	1,02764182
20	0,5	3	1,5	-2	1,5	62,29840534	0,91996752
25	0,5	3	1,5	-2	1,5	-0,39082550	0,91996752
27	0,5	3	1,5	-2	1,5	0,70520527	0,91996752
30	0,5	3	1,5	-2	1,5	0,93099551	0,91996752
5	0,5	2	2,5	1,5	-0,5	17,52761029	26,52533913
10	0,5	2	2,5	1,5	-0,5	26,11800754	26,52533913
15	0,5	2,	2,5	1,5	-0,5	26,52216745	26,52533913
25	0,5	2,	2,5	1,5	-0,5	26,52533912	26,52533913
5	0	2	3,2	1,5	0,5	165,59132619	967,97842310
10	0	2	3,2	1,5	0,5	729,27067565	967,97842310
25	0	2	3,2	1,5	0,5	967,97578706	967,97842310
35	0	2	3,2	1,5	0,5	967,97841026	967,97842310
10	0	2	5,2	-0,5	1,5	1330,75251251	0,87358637
15	0	2	5,2	-0,5	1,5	-691,48264162	0,87358637
25	0	2	5,2	-0,5	1,5	-2,09326290	0,87358637
30	0	2	5,2	-0,5	1,5	0,91673067	0,87358637
35	0	2	5,2	-0,5	1,5	0,87329961	0,87358637
40	0	2	5,2	-0,5	1,5	0,87358734	0,87358637



Результат (14) аналитического вычисления определенного интеграла (3), позволяет расширить границы класса определенных интегралов, вычисляемых в аналитическом виде. Используя формулу (14), можно аналитически вычислить определенный интеграл вида

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta + r} \ln(x) dx. \quad (15)$$

С этой целью вычислим по частям следующие интегралы

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} \sin^2(x) dx; \quad \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} \cos^2(x) dx,$$

и тогда получим

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} \sin^2(x) dx = \left\{ \begin{array}{l} \sin^2(x) dx = \frac{1 - \cos(2x)}{2} dx = dv, v = \frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4} \\ x^{px^r + \beta} = u, du = \left[ prx^{r-1} \ln(x) + \frac{px^r + \beta}{x} \right] x^{px^r + \beta} dx \end{array} \right\} = \quad (16)$$

$$= x^{px^r + \beta} \left[ \frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4} \right]_{q_1}^{q_2} - \int_{q_1}^{q_2} \left[ \frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4} \right] \left[ prx^{r-1} \ln(x) + \frac{px^r + \beta}{x} \right] x^{px^r + \beta} dx;$$

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} \cos^2(x) dx = \left\{ \begin{array}{l} \cos^2(x) dx = \frac{1 + \cos(2x)}{2} dx = dv, v = \frac{x}{2} + \frac{\sin(2x)}{4} \\ x^{px^r + \beta} = u, du = \left[ prx^{r-1} \ln(x) + \frac{px^r + \beta}{x} \right] x^{px^r + \beta} dx \end{array} \right\} = \quad (17)$$

$$= x^{px^r + \beta} \left[ \frac{x}{2} + \frac{\sin(2x)}{4} \right]_{q_1}^{q_2} - \int_{q_1}^{q_2} \left[ \frac{x}{2} + \frac{\sin(2x)}{4} \right] \left[ prx^{r-1} \ln(x) + \frac{px^r + \beta}{x} \right] x^{px^r + \beta} dx.$$

Теперь, складывая между собой, соответственно левые и правые части выражений (16),(17), получим

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} dx = x^{px^r + \beta + 1} \Big|_{q_1}^{q_2} - \int_{q_1}^{q_2} (px^r + \beta) x^{px^r + \beta} dx - pr \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta + r} \ln(x) dx; \quad r \neq 0. \quad (18)$$

После очевидных несложных преобразований в (18) будем иметь искомый интеграл (15) в аналитическом виде

$$\int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta + r} \ln(x) dx = \frac{1}{pr} \left( x^{px^r + \beta + 1} \Big|_{q_1}^{q_2} - \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} dx - \beta \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} dx - p \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta + r} dx \right) = \quad (19)$$

$$= \frac{1}{pr} \left[ \left( q_2^{pq_2^r + \beta + 1} - q_1^{pq_1^r + \beta + 1} \right) - (1 + \beta) \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta} dx \right] - \frac{1}{r} \int_{q_1}^{q_2} x^{px^r + \beta + r} dx,$$

так как в правой части выражения (19) присутствуют интегралы типа (3), которые вычисляются аналитически с помощью общей формулы (14) с соответствующими ограничениями

$$\forall p \in \mathbb{R}, \left\{ \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{pr} \left( q_2^{pq_2^r + \beta + 1} - q_1^{pq_1^r + \beta + 1} \right) = (\infty - \infty) = \frac{[q_2^{r+\beta+1} \ln(q_2) - q_1^{r+\beta+1} \ln(q_1)]}{r} \right\};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall x \in (0, +\infty), \{r \neq 0, x^r \ln(x) \in (0, +\infty)\}, \forall \beta \in \mathbb{R}, q_2 > q_1 > 0; \\ \forall x \in [0, +\infty), \{r > 0, x^r \ln(x) \in [0, +\infty), [\lim_{x \rightarrow +0} x^r \ln(x) = 0]\}, \forall \beta \in [0, +\infty)\}, q_2 > q_1 = 0 \end{array} \right\}.$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куделин. О.Г. Новый метод вычисления определенного интеграла // О.Г. Куделин, Е.В. Смирнова / Статья в данном журнале. -С. 176-179.
- 2 Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.2. / Г. М. Фихтенгольц. -М.: Физматгиз, 1962. -807 с.

# ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА БЕЗ УЧЕТА СИЛ ТРЕНИЯ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.Ю. Гнездило

Рассмотрен виброизолирующий механизм с распределенными миниатюрными упругими элементами

Рассмотрим виброизолирующий механизм с распределенными миниатюрными упругими элементами (рисунок 1), имеющий одну степень свободы и установленный между рамой теплового двигателя и фундаментом машинного отделения. Принимаем закон установившегося движения теплового двигателя синусоидальным

$$f(t) = z_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

где  $z_0$  – амплитуда колебаний теплового двигателя, не имеющего связи с основанием;

$\omega$  – круговая частота колебаний.

Используя второй закон Ньютона, составим дифференциальное уравнение движения вибрирующего объекта (теплового двигателя), пренебрегая силами трения и инерции звеньев виброизолирующего механизма.

Механическая модель, соответствующая виброизолирующему механизму, изображена на рисунке 2, а схема сил, действующих на вибрирующий объект, принимаемый за материальную точку с массой  $m$ , представлен на рисунке 3. Система координат  $XOY$  связана с условно неподвижным фундаментом (рисунок 2). Начало системы координат  $O$  находится в положении статического равновесия вибрирующего объекта  $P_e = 0$ .

Силовая характеристика  $F_\Sigma(x)$  виброизолирующего механизма представляет собой линейную функцию.

Дифференциальное уравнение вынужденных линейных колебаний (случай движения вибрирующего объекта в направлении оси  $OX$ ) имеет следующий вид:

$$m\ddot{x} = P_e + G + F_K - F_n, \quad (2)$$

где  $P_e = 0$  – возмущающая сила, равная

$$P_e = mf(t) = mz_0\omega^2 \sin(\omega t), \quad (3)$$

$mz_0\omega^2$  – амплитуда возмущающей силы;

$G$  – сила тяжести вибрирующего объекта;

$F_n$  – суммарная сила упругих пружин, определяемая по формуле

$$F_n = C_n(x_{CT} + \Delta x_{CT}), \quad (4)$$

$C_n$  – суммарный коэффициент жёсткости пружин, определяется по формуле

$$C_n = \sum_{i=1}^n c_i, \quad (5)$$

где  $c_i$  – жесткость  $i$ -ой пружины одного виброизолятора;

$x_{cm}$  – статическая деформация всех пружин одного виброизолятора под действием силы тяжести  $G$ , равная  $G/C_n$ .

Подставив (3)-(5) в (2) получим

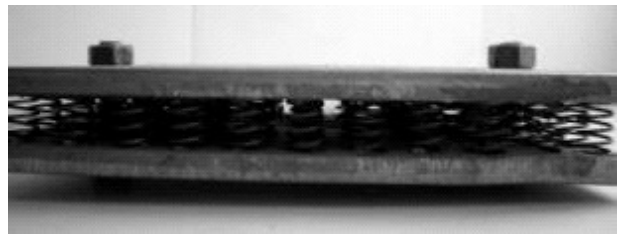


Рисунок 1 – Виброизолирующий механизм

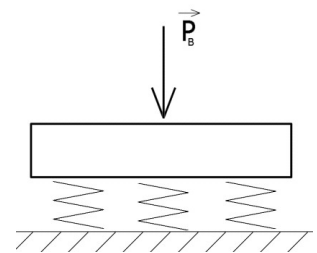


Рисунок 2 – Механическая модель

$$m\ddot{x} + \sum_{i=1}^n c_i x = A_0 \sin(\omega t), \quad (6)$$

или 
$$m\ddot{x} + (c_1 + c_2 + \dots + c_n) x = A_0 \sin(\omega t), \quad (7)$$

или, вводя обозначение собственной частоты колебаний вибрирующего объекта

$$p = \sqrt{\frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{m}},$$

имеем 
$$\ddot{x} + p^2 x = \frac{A_0}{m} \sin(\omega t). \quad (8)$$

Используя решение подобных уравнений, получим для амплитуды установившегося состояния вынужденных колебаний следующее выражение:

$$x = \frac{A_0}{c_1 + c_2 + \dots + c_n} \frac{1}{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)} \quad (9)$$

Собственную частоту колебаний вибрирующего объекта можно представить в виде

$$p^2 = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{m} = \frac{c_1}{m} + \frac{c_2}{m} + \dots + \frac{c_n}{m}. \quad (10)$$

Учитывая то, что пружины будут подбираться одинаковых параметров, формулу (10) можно записать так

$$p^2 = \frac{nc}{m} \quad (11)$$

где  $n$  – количество пружин в виброизоляторе.

С учётом (11) получим следующее выражение для амплитуды вынужденных колебаний без учёта сил трения

$$x = \frac{A_0}{nc} \frac{1}{\left(1 - \frac{m\omega^2}{nc}\right)} \quad (12)$$

Так как несущей способностью в виброизолирующем механизме (см. рисунок 1) обладает только основной упругий элемент, то множитель  $A_0/c_n$  представляет собой перемещение, которое вызывает максимальная возмущающая сила  $P_e$ , если она приложена статически, а второй множитель выражает динамичность действия этой силы и его значение по абсолютной величине называют динамическим коэффициентом [1, 2]:

$$K_d = \frac{x}{A_0} \frac{1}{\left(1 - \frac{m\omega^2}{nc}\right)}. \quad (13)$$

На рисунке 4 показано изменение динамического коэффициента  $K_d$  в зависимости от частоты  $\omega$ .

Конечно, необходимо подбирать такое количество пружин и с таким коэффициентом жесткости, чтобы выполнялось условие прочности, иначе система может потерять устойчивость, или оказаться наоборот слишком жесткой.

Собственная частота одной пружины будет определяться по формуле

$$\nu_i = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{x_{CT} + \Delta x_{CT}}} \quad (14)$$

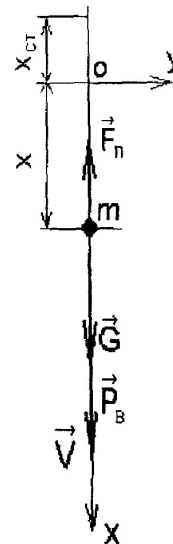


Рисунок 3 –  
Схема сил

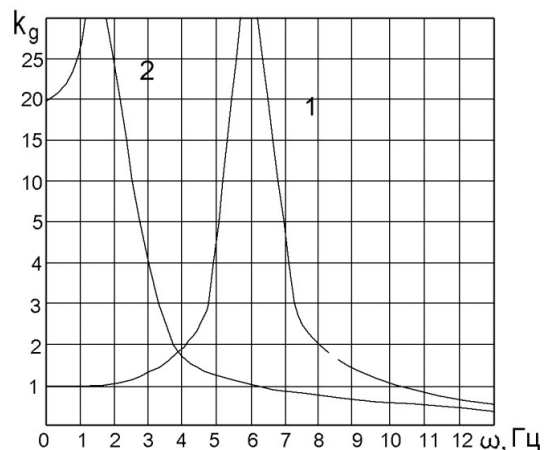


Рисунок 4 – График изменения динамического коэффициента в зависимости от круговой частоты: 1-без виброизоляторов; 2-с виброизоляторами

где  $\Delta x_{ст}$  – удлинение пружины при приложении нагрузки.

При установке виброизоляторов происходит уменьшение частоты собственных колебаний вибрирующего объекта, что приводит к смещению амплитудно-частотной характеристики пружины влево по оси абсцисс, то есть на меньшие значения  $\omega$ . Таким образом, уменьшается область таких значений частоты  $\omega$ , где  $K_0 > 1$ . Когда частота возмущающей силы приближается к частоте свободных колебаний механизма, динамический коэффициент быстро увеличивается и достигает максимума при

$$\frac{\omega}{\rho} = 1. \quad (15)$$

Минимальные значения  $\omega$ , при которых динамический коэффициент  $K_0$  меньше единицы, всегда лежат в резонансной области и получается тем меньше, чем больше суммарная жёсткость виброизолирующего механизма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле: пер. с англ. / С.П. Тимошенко. -М.: Наука, 1967. -444 с.

2 Тимошенко, С.П. Инженерная механика: пер. с англ. / С.П. Тимошенко, Д. Юнг. -М.: Машгиз, 1960. -507 с.

## **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА РЕМОНТА СУДОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ИМЕЮЩИХ РАМНЫЕ БАЛКИ С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**П.А. Бимбереков**

Рассматривается экономическая эффективность варианта ремонта (восстановления) подкреплением судовых перекрытий, имеющих рамные балки набора с деформированной стенкой.

Автором предложен «Способ модернизации связей конструкций» (заявка на изобретение №2006107267), который осуществляется следующим образом.

Определяется потребность в корректировке связей, например, у оцениваемых связей недостаточен момент сопротивления поперечного сечения в результате того, что недостаточны толщины их элементов или связи деформированы или структура материала связей не обеспечивает необходимых свойств, в частности, в случае недостаточной ее ориентации и правильности в плоскости наибольшей нагруженности связи. Для установления фактических геометрических характеристик связей может быть использована их дефектация. Сопоставляются фактические данные с требуемыми, и производится корректировка связей различными способами, в частности, правкой, подкреплением, пластическим поверхностным деформированием, прокаткой и т.д.

Модернизируемые связи состоят из комплексов или отдельных элементов (рисунки 1 и 2), в частности, листовых: полки 1, обшивки 2, стенок 3 и профильных, например, уголков 4 и 5, они оснащаются дополнительными связями 6, заменяющими элементами 7 (могут просто выправляться), подкреплениями 8, дополнительными связями 9, подкрепляющими деформированные стенки 3 с контуром деформации 10. Частным случаем корректировки является установка дополнительных листовых элементов 11 в плоскости стенок балок 3, подкреплений 8 на пояски балок. При этом пространство между элементами 11 и стенкой 3 может заполняться наполнителями 12. Другим частным случаем является подкрепление по выбранному контуру, например, контуру близкому контуру зоны деформации 10. Вариантами такого подкрепления являются установка гнутой полосы 6 и установка составной конструкции из дополнительного элемента 6 и дополнительно устанавливаемых связей 9 как на самой связи, так и пересекаемой ею (устанавливаются вместо и при отсутствии, а также в дополнение холостым балкам 5), в том числе подходящие к ней (устанавливаются вместо и при отсутствии, а также в дополнение холостым балкам 4).

При необходимости корректировки микро-геометрии производится дополнительная обработка связей, в частности, дробеструйная, нагрев, прокатка и т.д.

Оговорим две частные ситуации:

1-я: деформация подкрепляемого рамного набора превысила предельно допустимое значение согласно Российского Речного Регистра (РРР);

2-я: деформация подкрепляемого рамного набора не близка (понятие близости РРР не уточняется) к предельно допустимым значениям РРР.

Понятие «близости» РРР не уточняется, и для оценки существенности не близости будем считать не достижение нормируемых значений не менее чем на 5%.

Рассмотрим оценку эффективности использования предлагаемого автором варианта установки подкреплений для случая повреждения палубного перекрытия. Затраты времени на замену указанных деформированных конструкций составляют около семи суток, а убыль металла палубного настила за четыре года эксплуатации составляет около 0,0218 м<sup>3</sup>.

Возможны два варианта ремонта с использованием листового элемента:

– при получении момента сопротивления ремонтируемой балки с учетом листового элемента ниже требуемого РРР;

– при получении момента сопротивления ремонтируемой балки с учетом листового элемента удовлетворяющего требованиям РРР.

В первом варианте для восстановления соответствия нормам РРР нужно использовать установку дополнительных профилей на полку балки.

Рассмотрим вариант ремонта деформированных рамных балок судовых перекрытий установкой листового элемента вдоль стенки балки.

Такой ремонт при наличии указанных выше 1-ой и 2-ой ситуации деформаций рамного набора. Причем в 1-ой ситуации будем считать, что относительная стрелка выпучины стенок балок имеет значение  $\omega/h = 0,15$  (допустимое значение по РРР без дополнительных подтверждений  $[\omega/h] = 0,10$ , а

во втором  $\omega/h = 0,095$ . Для использования указанных номограмм [1] нужно знание отношения площадей профиля и присоединенного пояса обшивки  $F_r/f_2$ , отношения площадей стенки и полки сечения рамной балки  $k_n$  и значение отношения толщин стенки балки и подкрепляющего листового элемента  $k_t$ . В рассматриваемом случае конструкции имеем:

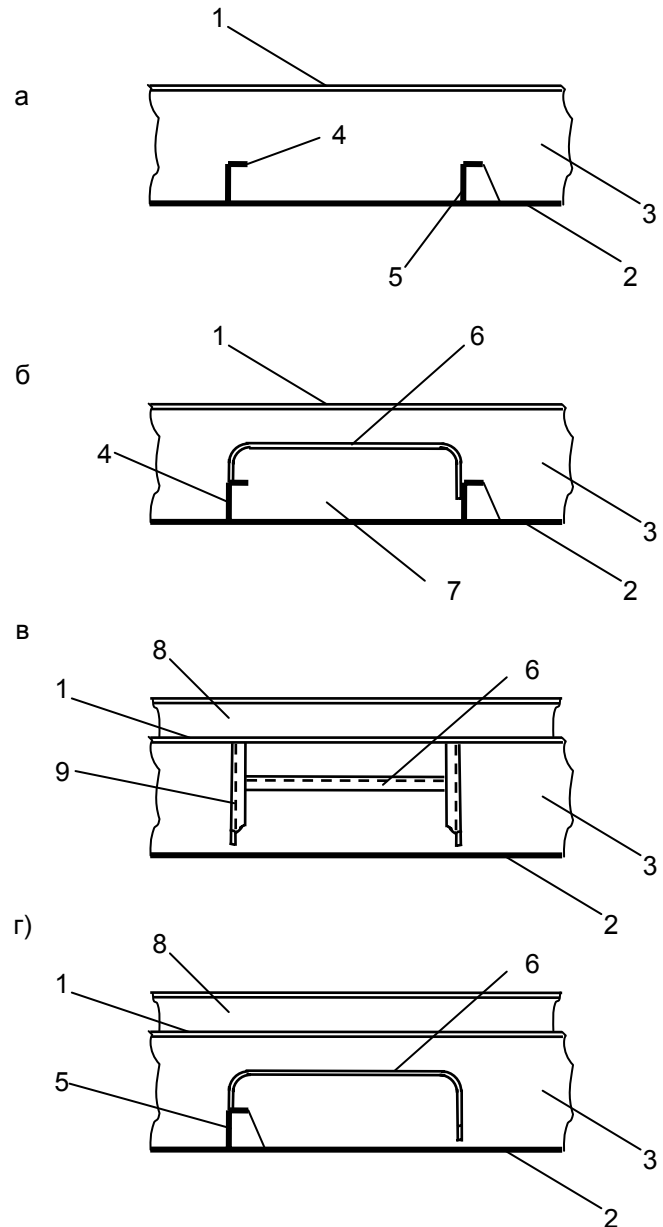


Рисунок 1 – Варианты подкрепления рамных балок: а)-изображена рамная балка судового набора, поставленная на обшивку с пересекающимися и примыкающими к ней холостыми балками; б)-ремонт подкреплением стенки балки полосой по контуру деформации с примыканием полосы к холостому набору; в)-подкрепление стенки балки дополнительными элементами, подкреплениями и связями; г)-подкрепление стенки балки полосой по контуру деформации, причем полоса в районе примыкания к обшивке срезана на ус

$F_r/f_2 = 1,33$ ,  $k_n = 0,429$  и примем значение  $k_t = 1,0$ . Необходимая относительная высота подкрепляющего листового элемента  $s_1/h$  (где  $h$  - построечная высота рамной балки) определяется по указанным номограммам линейной интерполяцией получаемых значений.

С указанной в [1] номограммы имеем значение  $s_1/h \approx 0,715$  и  $s_1/h \approx 0,782$ , что при  $\omega/h = 0,15$  дает значение  $s_1/h \approx 0,75$ . Поскольку в рассматриваемом случае имеем  $h = 350$  мм, то для высоты сечения подкрепляющего листового элемента получим  $s_1 = 263 \approx 270$  мм. В случае подкрепления стенок бимсов по всей длине (в действительности отсутствует необходимость подкрепления стенок рамных балок в зонах их пересечения с другими рамными связями) общая потребная

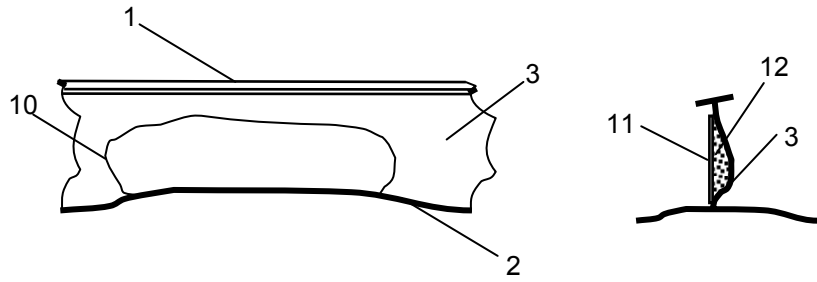


Рисунок 2 – Вариант подкрепления деформированной стенки рамной балки листовым элементом и заполнением пространства между стенкой и листовым элементом наполнителями

длина подкрепляющих листовых элементов составит 35,0 м. При этом вводимый дополнительный объем металла составит  $0,0378 \text{ м}^3$ . Для случая  $\omega/h = 0,095$  примем с запасом (как при  $\omega/h = 0,1$ )  $s_1/h \approx 0,715$ ,  $s_1 \approx 250$  мм, что потребует дополнительный объем вводимого металла  $0,0350 \text{ м}^3$ . Соотношение вводимого дополнительно и теряемого только настилом палубы за четыре года эксплуатации объема металла соответственно для 1-ой и 2-ой ситуаций составит:  $0,0378/0,0218=1,17$  и  $0,0350/0,0218=1,61$  раза. При этом во 2-ой ситуации перекрытие может эксплуатироваться далее независимо от срока наступления среднего ремонта.

Оценим затраты рабочей силы на подкрепление листовыми элементами в случае ремонта перекрытия (таблица).

Из сопоставления времени ремонтов методом замены (7 суток) и предлагаемого – таблица (2,09 суток) следует, что экономия затрат рабочей силы при применении метода подкрепления рамных балок дополнительными листовыми элементами вдоль их стенок вместо метода замены составит более четырех суток.

Таблица – Затраты рабочей силы на подкрепление поврежденных конструкций палубы листовыми элементами вдоль стенки рамных балок

Наименование	Специальность	
	Судокорпусник	Электросварщик
Длина листовых элементов, м	35	35
Трудоемкость 1 пог. м, час	0,65	0,78
Всего	22,8	27,3
Общая трудоемкость 50,1 ч = 2,09 суток		

При увеличении числа одновременно работающих в два раза, из-за ограничения зоны работ, возможно сокращение времени вывода судна из эксплуатации при замене конструкций только до четырех суток, а при подкреплении листовыми элементами вдоль стенок балок до одних суток. Дальнейшее увеличение числа работающих одновременно целесообразно в случае замены конструкций только по специальности газорезчик, при демонтаже поврежденных конструкций, однако это не позволит уже значительно сократить время вывода судна из эксплуатации.

При установке дополнительных листовых элементов возможно одновременное использование в ситуации до четырех бригад (корпусосборщик и электросварщик), что еще сократит время простоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бимбереков, П.А. Ремонт рамных судовых балок с деформированной стенкой установкой дополнительного листового элемента в плоскости стенки балки / П.А. Бимбереков // Сиб. науч. вест. -Новосибирск, 2007. -Вып. X. -С. 122-125.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ СТАЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Морской государственный университет им. адм. Г.И. невельского

**В.В. Тарасов, С.Б. Малышко**

Представлены результаты исследований влияния исходной структуры стали на глубину и микротвердость упрочненного электромеханической обработкой поверхностного слоя. Рекомендована оптимальная предварительная термическая обработка для доэвтектоидной стали.

В связи с интенсификацией эксплуатационных процессов большое значение приобретает проблема повышения надежности деталей судовых машин и механизмов, которая непосредственно связана с качеством их поверхностного слоя. Для решения этой проблемы в современном машиностроении все более широкое применение находят новые методы упрочнения поверхностного слоя деталей, к которым относится электромеханическая обработка (ЭМО).

При высокоскоростном нагреве, характерном для электромеханической обработки, взаимосвязь исходного состояния стали и термических параметров образования аустенита приобретает особенно большое значение. Поскольку в одной и той же стали можно создать существенно разное расположение цементитных частиц в ферритной матрице, то можно, таким образом, сильно облегчить или, наоборот, затруднить образование аустенита при быстром нагреве [1].

В работах [2, 3] предложены математические модели структурных превращений в пластинчатом и зернистом перлите при нагреве и представлены результаты расчетов времени диффузионного превращения перлита разной дисперсности в аустенит.

Расчеты показали, что чем больше степень дисперсности феррито-карбидной смеси, тем с большей скоростью перлит переходит в аустенит при нагреве, а время полного диффузионного превращения для зернистого перлита разной дисперсности несколько выше, чем для пластинчатого перлита.

При электромеханической обработке доэвтектоидной стали, согласно выполненным расчетам [4], только часть объема феррита охвачена диффузионным превращением, т.е. полное диффузионное превращение структурно свободного феррита в аустенит в доэвтектоидной стали в исследуемом интервале температур невозможно.

В настоящей работе поставлена задача экспериментального подтверждения расчетов путем исследования электромеханического упрочнения сталей с разной исходной структурой.

Для исследования взяты сталь У8 с исходной отожженной и нормализованной структурой, сталь 45 после улучшения и сталь 35 после отжига, которые были повергнуты электромеханическому упрочнению по режиму: сила тока  $I = 800$  А; сила прижатия ролика  $P = 300$  Н; окружная скорость обработки  $V = 3,4$  м/мин.; подача  $S = 0,22$  мм/об., число проходов – два.

Оценка микротвердости по локальным микрообъемам поверхностного слоя проведена на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,98 Н. Расстояние между отпечатками составляло 50 мкм.

Микроструктура сталей исследована после травления шлифов в 4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте на металлографическом микроскопе НЕОРНОТ 21 при увеличении от  $\times 100$  до  $\times 500$ .

Рентгенографический фазовый анализ проведен на установке ДРОН-2 в железном  $K\alpha$ -излучении.

Рентгенографический анализ сталей У8 и 45, упрочненных ЭМО, показал, что во всех случаях в поверхностных слоях образцов имеется мартенсит и цементит. Однако на всех дифрактограммах мартенситный дуплет не расщеплен. Это свидетельствует о том, что содержание углерода в мартенсите менее 0,6% по массе и может быть объяснено тем, что диффузионный процесс перлитно-аустенитного превращения реализуется на стадии образования неоднородного по концентрации углерода аустенита и не полностью растворившихся частиц перлитного цементита. Последующее охлаждение приводит к образованию малоуглеродистого мартенсита. В стали У8 обнаружен остаточный аустенит в пределах 6-10 %.

При электромеханическом упрочнении стали в поверхностном слое образуется светлая

нетравящаяся полоса – «белый» слой (рисунок 1), который представляет из себя бесструктурный мартенсит. Из рисунка видно, что «белый» слой нормализованной стали (рисунок 1а) имеет большую глубину, чем отожженной (рисунок 1б). Исходная микроструктура исследуемой стали У8 после отжига представляет собой крупнопластинчатый перлит 8-го балла дисперсности, что соответствует межпластинчатому расстоянию  $\Delta = 1,6$  мкм, а после нормализации – тонкопластинчатый перлит (сорбит) с межпластинчатым расстоянием  $\Delta = 0,4$  мкм. Согласно расчетам, для реализации полного диффузионного превращения тонкопластинчатого перлита указанной дисперсности в аустенит при  $900^\circ\text{C}$  требуется время  $\tau = 3,20 \cdot 10^{-4}$  с, а для крупнопластинчатого ( $\Delta = 1,6$  мкм) перлита на порядок больше ( $\tau = 5,12 \cdot 10^{-3}$  с), поэтому процесс аустенитизации тонкопластинчатого перлита распространяется на более значительную глубину, что соответствует увеличению глубины белого слоя.

Распределение средней микротвердости по толщине упрочненного ЭМО поверхностного слоя сталей У8 и стали 45 показаны на рисунке 2. Поверхностная микротвердость (пологие участки кривых) нормализованной стали У8 (кривая 3) существенно больше, чем отожженной (кривая 1). Это объясняется тем, что более высокая степень дисперсности карбидов нормализованной стали по сравнению с отожженной, способствует более полному их растворению в образующемся при ЭМО аустените, что приводит к получению в «белом» слое более твердого мартенсита. Круто падающие участки кривых микротвердости соответствуют переходному слою, на протяжении которого (от 0,1 до 0,2 мм) твердость уменьшается до исходной.

На рисунке 2 представлен график распределения микротвердости по глубине упрочненного слоя (кривая 2), а на рисунке 3 микроструктура упрочненного ЭМО поверхностного слоя стали 45. Конфигурация кривой 2 качественно не отличается от ранее рассмотренных кривых 1 и 3.

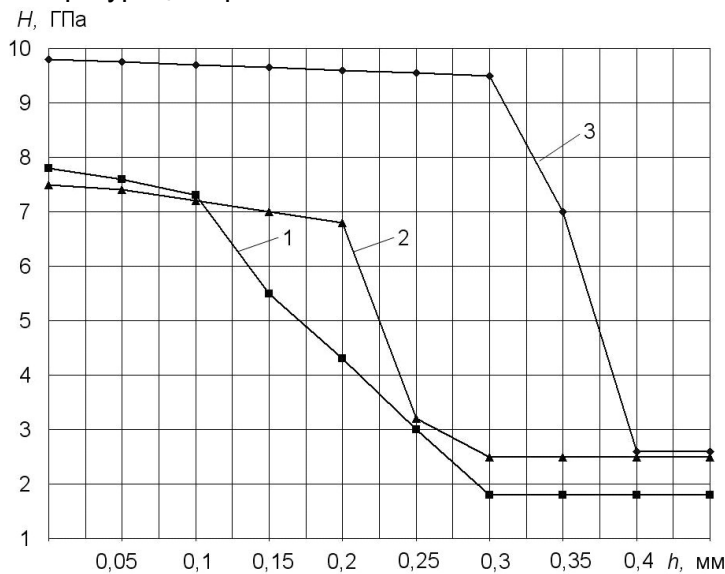
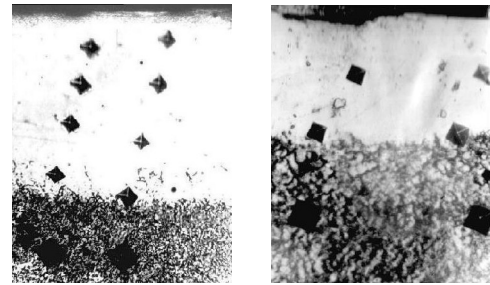


Рисунок 2 – Распределение средней микротвердости  $H$  по глубине закаленного слоя сталей после ЭМО: 1-сталь У8 после отжига; 2-сталь 45 после улучшения; 3-сталь У8 после нормализации



а) б)

Рисунок 1 – Микроструктура упрочненного ЭМО поверхностного слоя стали У8 в зависимости от предшествующей термообработки ( $\times 200$ ): а)-после нормализации; б)-после отжига

Исходная структура исследуемой стали 45 представляет собой сорбит отпуска, ориентированный по бывшему мартенситу, дисперсность которого, определенная по стандартным шкалам, соответствовала мелкозернистому перлиту со средним диаметром зерен цементита 0,8 мкм. Среднее расстояние, измеренное между зернами цементита, составляло 0,9 мкм. Для зернистого перлита с такой дисперсностью для полной аустенитизации при  $900^\circ\text{C}$  потребуется, согласно расчетам, время  $\tau = 2,10 \cdot 10^{-3}$  с, которое не больше времени теплосилового воздействия при ЭМО. Поэтому на рисунке 3а наблюдаем «белый» слой средней толщины у стали 45 (0,2 мм) по сравнению с нормализованной (0,3 мм) и отожженной (0,1 мм) сталью У8 (см. рисунок 1), так как дисперсность перлита стали 45 тоже средняя.

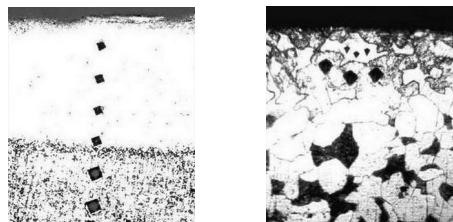
Поверхностный слой стали 35, подвергнутой электромеханическому

упрочнению (рисунок 3б) имеет ферритомартенситную структуру. На рисунке отчетливо видны участки бесструктурного мартенсита (средняя микротвердость  $H = 8,2$  ГПа), которые имеют вид сплошных «белых» зерен, соответствующих по размерам, конфигурации и рас-



положению бывшим перлитным колониям.

Феррит поверхностного слоя (средняя микротвердость  $H = 1,95$  ГПа) сильнее растравливается реактивом по сравнению с ферритом исходной структуры. Это можно объяснить тем, что в поверхностном слое феррит претерпевает наклеп в результате силового воздействия обрабатывающего инструмента. Исследования микроструктуры стали 35 после ЭМО хорошо согласуются с расчетами. Времени тепло-силового воздействия недостаточно для полной аустенитизации исходной феррито-перлитной структуры, но достаточно для полной аустенитизации перлита (межпластинчатое расстояние исходного перлита  $\Delta = 0,6$  мкм, что согласно расчетам при  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  требует времени нагрева  $\tau = 7,20 \cdot 10^{-4}$  с).



а) б)

Рисунок 3 – Микроструктура упрочненного ЭМО поверхностного слоя ( $\times 200$ ): а)- стали 45 с исходной структурой сорбита отпуска; б)- стали 35 с исходной феррито-перлитной структурой после отжига

Таким образом, результаты электромеханической обработки значительно зависят от исходной структуры упрочняемой стали. Экспериментальные исследования показали, что с увеличением степени дисперсности карбидных частиц увеличивается толщина и микротвердость «белого» слоя, что связано с распространением процесса аустенитизации перлита на большую глубину и более полным растворении карбидов в аустените.

Для обеспечения полной закалки поверхностного слоя доэвтектоидных сталей при электромеханической обработке необходимо проведение предварительной термической обработки для получения структуры, не содержащей избыточного феррита, и представляющей собой ферритокарбидную смесь с равномерным распределением карбидной фазы. Ре-

комендуемая предварительная термическая обработка – улучшение, а микроструктура – сорбит отпуска.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кидин, И.Н. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / И.Н. Кидин. -М.: Металлургия, 1969. -376 с.
- 2 Малышко, С.Б. Особенности диффузионных превращений при электромеханической обработке / С.Б. Малышко, Т.Г. Белейчева, В.В. Тарасов // Материалы пятой международной научно-практической конференции «Проблемы транспорта Дальнего Востока». -Владивосток, 2003. -С. 495–498.
- 3 Малышко, С.Б. Особенности фазовых превращений при электромеханической обработке / С.Б. Малышко, В.В. Тарасов // Вест. мор. гос. ун-та. Сер. Судостроение и судоремонт. -Владивосток, 2007. -Вып. 17. -С. 50–54.
- 4 Тарасов, В.В. Исследование фазовых превращений углеродистых сталей при электромеханической обработке / В.В. Тарасов, С.Б. Малышко // Материалы шестой международной научно-практической конференции «Проблемы транспорта Дальнего Востока». -Владивосток, 2005. -С. 46–47.

## **ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**А.О. Токарев, Р.Ф. Пеньков, И.С. Иванчик, С.Н. Иванчик.**

В результате анализа причин аварийного разрушения различных валов судовых машин и механизмов установлено, что их долговечность может быть значительно повышена. Для этого не требуется каких либо революционных преобразований в технологии их изготовления и, тем более, значительных капиталовложений в судоремонт. Достаточно грамотно, при строгой технологической и эксплуатационной дисциплине использовать рекомендации, полученные в результате многолетних эксплуатационных испытаний.

Задача совершенствования конструкции и технологии изготовления деталей типа «вал» в данной работе решались путём исследования разрушенных или дефектных деталей, имеющих ненормальный износ.

Работы по установлению причин отказа судовой техники включали расследование на месте эксплуатации и лабораторные исследования. При этом преследовалась цель выделить из комплекса разрушенных или поврежденных узлов, агрегатов и деталей те, с которых началось разрушение.

Оценивалось возможное влияние на преждевременное разрушение детали конструктивных, производственно-технологических, эксплуатационных факторов и качества ремонта и сборки.

Анализ производственно-технологических факторов (соответствие размеров детали требованиям чертежа, наличие дефектов технологического характера – надрывов, рихтовочных, монтажных трещин, обезуглероживания, перегрева, несплошностей материала) производился путем проведения измерений, дефектоскопии, механических испытаний, металлографического и химического анализа.

Оценка эксплуатационных факторов (гидравлический удар, детонация, перегрев, масляное голодание и т.п.) производилась обычно косвенно путем изучения документации по эксплуатации и техническому обслуживанию, данных опроса обслуживающего персонала.

*Анализ причин разрушения гребных валов.* Гребные валы, как любые силовые детали машин, должны изготавливаться только из улучшаемых сталей, а для условий северного завоза из легированных сталей, которые после улучшения обеспечивают оптимальное сочетание прочности и вязкости, в том числе и при отрицательных температурах. Крупные валы диаметром более 200 мм должны изготавливаться из кованных заготовок, а более мелкие из проката хромистых или хромомолибденовых сталей марок 35Х, 40Х, 30 ХМА, 35ХМ, 38ХМА, 40ХМ с прочностью до 1000 МПа.

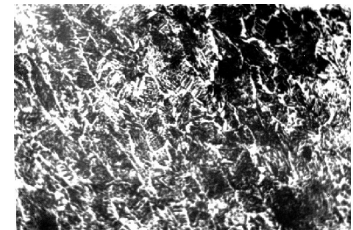
Нарушение указанных норм приводит к аварийным последствиям. Авторами расследовано 13 аварий гребных валов, причём разрушение всех валов имело усталостный характер. Разрушению одиннадцати валов предшествовало восстановление наплавкой. Их преждевременное разрушения вызвано дефектами, созданными как в результате нарушения режимов наплавки (укрупнение зерна, трещины), так и последующей механической обработкой (риски, острые кромки, подрезы).

Типичным случаем разрушения гребных валов является усталостное повреждение. Усталостная трещина имеет характерную притертую поверхность (рисунок 1). Остальная часть излома представляет собой зону ускоренного разрушения – долома.

Очагом зарождения усталостной трещины, отмеченной стрелкой на рисунке 1, явились следы грубой механической обработки наплавленной шейки вала. Чистота обработки в месте разрушения оказалась Rz80 вместо Ra2,5 согласно требованиям чертежа. Распространению трещины способствовал перегрев стали при наплавке и образование вследствие этого видманштеттовой структуры в зоне термического влияния. Среди других причин способствующих усталостному разрушению были отмечены полосчатость и значительные неметаллические включения в основном металле, а также коррозионное повреждение поверхности.



а)



б)

Рисунок 1 – Усталостное разрушение правого гребного вала из стали Ст.5 теплохода 10-го проекта (вырезаны образцы для исследования микроструктуры): а)-общий вид излома вала (стрелкой показана притёртая зона); б)-структура стали наплавленной при ремонте вала  $\times 100$

Причиной многих аварий оказывается техническая безграмотность в сочетании с отсутствием технологической дисциплины. Ярким примером тому являются аварии серии восстановленных в зимний судоремонт гребных валов. Как показало расследование, разрушения были вызваны мелкими концентрическими трещинами в наплавленном металле, возникшими из-за термических напряжений (рисунок 2б), когда с целью «ускорения» сварщик каждый наплавленный слой охлаждал холодной водой.

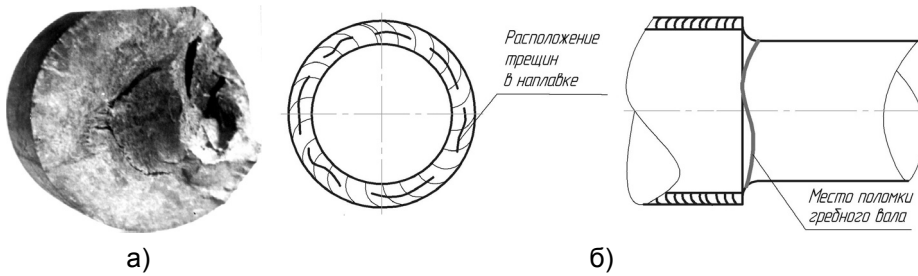


Рисунок 2 – Излом гребного вала теплохода «Хабаров» (сталь Ст.5,  $\varnothing 140$ ). Разрушение вала произошло через 5200 ч эксплуатации после наплавки: а)-общий вид, б)-место разрушения и характер расположения трещин в наплавленном металле

Основные причины разрушения, выявленные при анализе усталостных изломов гребных валов, сведены в таблице.

**Разрушение коленчатых валов.** Если гребные валы разрушаются, как правило, после длительной эксплуатации и, главным образом, после некачественно выполненного

восстановления, то причины разрушения коленчатых валов, сложных по конструкции и наиболее нагруженных деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС), заметно многообразнее. Основываясь на проведенных исследованиях разрушенных коленчатых валов (более сорока аварий), можно назвать ряд основных равновероятных причины разрушения таких деталей.

Таблица – Причины усталостного разрушения судовых гребных валов

Причина разрушения	Место аварии
Нарушение требований к чистоте обработки, перегрев стали при наплавке	Правый гребной вал из стали Ст.5 теплохода 10-го проекта
Перегрев вала в период наплавки (крупное зерно)	Гребной вал $\varnothing 150$ из стали 35 теплохода «Талалихин»
Термические напряжения при наплавке, полосчатость и значительные неметаллические включения в основном металле, коррозионное поражение поверхности	Гребной вал $\varnothing 140$ теплохода «Хабаров» из стали Ст.5 (разрушение через 5200 ч эксплуатации после наплавки)
Нарушение зазоров между ступицей винта и конусом гребного вала (0,2 мм вместо допустимого 0,03 мм)	Гребной вал теплохода проекта 961 «Балтийский-2»
Концентрация напряжений из-за малой величины радиусов закругления и грубой механической обработки	Гребной вал $\varnothing 95$ из стали 30 теплохода мощностью 300 л.с. с водометным двигателем (разрушился через 4000 ч работы)
Горячая трещина, образовавшаяся при наплавке, и усадочные раковины. Малый радиус в месте перехода посадочной шейки вала в упорный гребень, равный 2 мм	Промежуточный вал левой валовой линии теплохода «СК-860»

Это, во-первых, повышенный износ мотылевых шеек и вкладышей баббитовых подшипников из-за попадания абразивных частиц и недостаточной смазки. Во-вторых - усталостные разрушения коленчатых валов от местной концентрации напряжений по острым кромкам отверстий под смазку.

В-третьих – концентрация напряжений в местах сопряжений шеек со щеками из-за несоответствия радиусов галтелей.

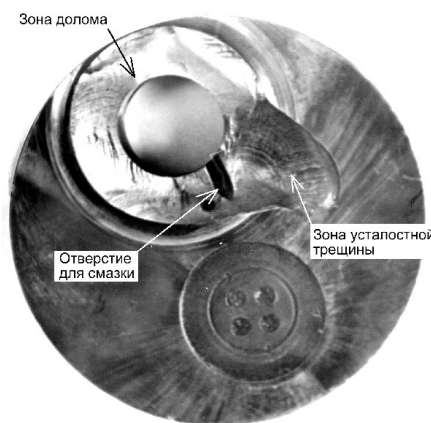
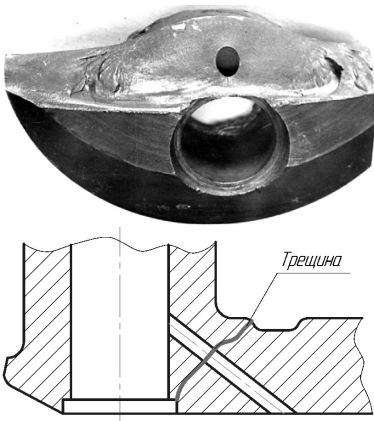


Рисунок 3 – Усталостное разрушение коленчатого вала, вызванное несоответствующей обработкой отверстий под смазку

Двигатель 3Д6 – разрушение в первую навигацию после ремонта. Местная концентрация напряжений у острых кромок отверстия под смазку. Твердость сердцевины в пределах требований чертежа ( $HV=2070...2400$  МПа), а наличие микротрещин в районе очага разрушения свидетельствует о дополнительных термических напряжениях, созданных при поверхностной закалке шеек вала

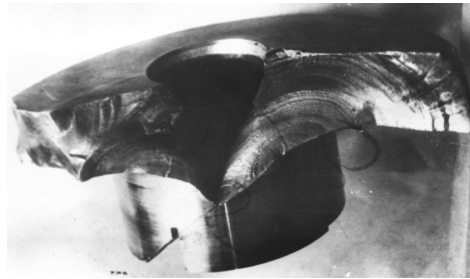


Двигатель 4Ч10,5/13 – наличие высокой местной концентрации напряжений (малый радиус галтели, острые кромки отверстия под смазку и выточки, износ поверхности с образованием канавок), а также повышенная загрязненность металла оксидами и силикатами (балл 5) Разрушению предшествовало падение давления масла и прихватывание первой рамной шейки

Рисунок 4 – Усталостное разрушение коленчатого вала, вызванное, главным образом, подрезкой галтелей при шлифовании шеек на ремонтный размер

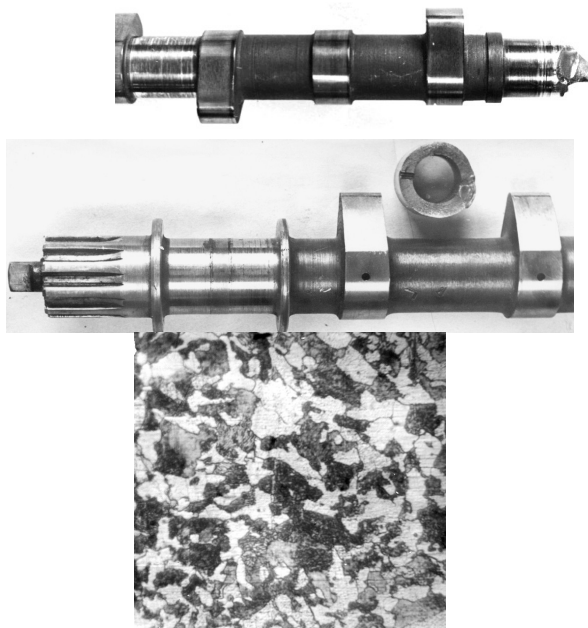
тельных кулачковых валиков двигателей ЗДб девять начали разрушаться от острых кромок отверстия под смазку и один – от острых углов шпоночного паза. То есть, практически во всех случаях, местная концентрация напряжений, созданная из-за нарушений технологии изготовления или правил эксплуатации, послужила основным фактором, способствующим преждевременному усталостному разрушению.

Материалы этих валиков разные. Семь из них изготовлены из стали 45, остальные – из цементируемой стали 18ХНВА. Но в восьми случаях нарушен элементарный режим термической обработки – материал сердцевины находится в исходном (без термообработки) состоянии. И цементируемые стали, и улучшаемые, перед их поверхностной закалкой ТВЧ следовало улучшить или, по крайней мере, подвергнуть полной нормализации, что существенно повысило бы ударную вязкость и весь комплекс механических свойств этих тяжело нагруженных деталей.



Быстроходный двигатель ЗДб – Завышенная твердость (HRC=40-42 вместо HRC=28)

Рисунок 5 – Разрушение коленчатого вала вследствие нарушения режима термической обработки (малоцикловая усталость)



Двигатель ЗДб кулачковый валик из стали 18ХНВА – усталостное разрушение вызвано местной концентрацией напряжений у острых кромок шпоночного паза. Неметаллические включения выше 5 баллов

Двигатель ЗДб – распространение усталостных трещин в районе отверстия под смазку. Разрушение наблюдалось многократно на различных теплоходах. При этом металл сердцевины валиков имеет невысокую твердость, НВ=1210-2090 МПа. Феррито-перлитная структура стали подтверждает отсутствие упрочняющей термической обработки. На одном из валиков была превышена допустимая шероховатость поверхности до Ra2,5 вместо Ra0,63 по чертежу. На двух валиках в районе разрушения имелись грубые риски от механической обработки, в одном случае отметили повышенную загрязненность оксидами и сульфидами

Рисунок 6 – Характерные случаи разрушения распределительных валиков двигателей ЗДб

Учитывая, что аналогичные поломки кулачковых распределительных валиков на двига-

телях ЗДб имели место и ранее, можно уверенно рекомендовать использование только улучшаемых сталей и введение их сквозного улучшения перед поверхностной закалкой кулачков. Кроме, того, необходимо усовершенствовать технологию сверления смазочных отверстий с целью повышения класса чистоты отверстий под смазку и введения радиусов закругления.

Краткое описание случаев разрушения распределительных валиков двигателей ЗДб приведено на рисунке 6.

#### *Выводы и рекомендации.*

**Гребные валы.** Для повышения долговечности гребных валов необходимо ужесточить контроль за соблюдением технологии наплавки и последующей механической обработкой, исключая создание резкой местной концентрации напряжений. Ввести для восстановленных валов неразрушающий контроль выявления трещин.

**Коленчатые валы.** На всех коленчатых валах необходимо в аварийном порядке затупить острые кромки отверстий под смазку. Проверить технологию закалки ТВЧ шеек вала на предмет наличия операции отпуска и соблюдения её режимов, а также ввести неразрушающий инструментальный контроль для обнаружения трещин и металлургических дефектов.

**Кулачковые валики.** В самые кратчайшие сроки на всех эксплуатируемых и ремонтируемых двигателях произвести притупление острых кромок отверстий под смазку. Для вновь изготавливаемых или восстанавливаемых кулачковых валиков перед поверхностной закалкой и после цементации ввести в обязательном порядке полную нормализацию для повышения ударной вязкости и всего комплекса механических свойств. Усовершенствовать технологию сверления отверстий под смазку с целью повышения чистоты обработки и введения радиусов закругления.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ**

Алтайский государственный технический университет им.  
И.И.Ползунова

**А.Л. Новоселов, Т.А. Стопорева, Н.Н. Грабовская**

Показана возможность использования пористости проницаемых материалов, полученных самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС), содержащих соединения Cu-Ni при решении экологических проблем транспорта.

В начале XXI века, когда экспериментально подтверждены необратимые изменения параметров окружающей среды, от ранее существовавших, под воздействием, в том числе, ингредиентных загрязнений, сохранение устойчивости экосистем связано с поддержанием или снижением техногенной нагрузки от автотракторной техники, в том числе, тепловых двигателей внутреннего сгорания.

Удельные выбросы с отработавшими газами дизелей на режимах полной нагрузки достигают: по оксиду углерода (СО) – 1,5...12,0 г/(кВт·ч); по оксидам серы (SO<sub>x</sub>) – 0,4...2,5 г/(кВт·ч); по альдегидам – 0,06...0,20 г/(кВт·ч); по углеводородам суммарно (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) – 1,5...8,0 г/(кВт·ч); по бенз-α-пирену – (1...2)10<sup>-6</sup> г/(кВт·ч); по оксидам азота (NO<sub>x</sub>) – 10...30 г/(кВт·ч); по твердым частицам (ТЧ), включая сажу – 0,25...2,00 г/(кВт·ч), что создает техногенную нагрузку на окружающую среду [1].

В то же время, при испытании дизелей по 13-режимному испытательному циклу, согласно требованиям стандарта ЕВРО-5, выбросы дизелей должны ограничиваться: по оксидам азота – 2,0 г/(кВт·ч); по оксиду углерода – 1,50 г/(кВт·ч); по углеводородам – 0,25 г/(кВт·ч); по твердым частицам – 0,02 г/(кВт·ч) [2].

Обеспечение выполнения требований стандарта ЕВРО-5 является актуальной проблемой, решение которой, по возможности, не должно приводить к снижению топливной экономичности дизелей. Основные направления в решении проблемы сводятся к следующему:

- совершенствование рабочих процессов дизелей;
- применение малотоксичных регулировок топливной аппаратуры и систем дизелей;
- использование газотурбинного наддува с охлаждением надувочного воздуха;
- управление составом топлив и применение специальных присадок в них;

– применение каталитической очистки отработавших газов.

Современный уровень развития технологий в машиностроении позволяет получать и использовать качественно новые материалы [3, 4]. Сложные высокоэффективные пористые проницаемые материалы с каталитическими свойствами могут быть получены с применением самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [5]. Своеобразие СВС как физико-химического процесса, определяющего уникальность структур и свойств получаемых материалов, заключается в потенциале СВС-технологий, обеспечивающим управление свойствами.

Используя разработки в области создания материалов по технологиям самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в какой-то мере удалось подойти к решению задачи создания полифункциональных пористых проницаемых каталитических блоков, на базе которых спроектированы, изготовлены и прошли испытания каталитические нейтрализаторы для автомобилей КамАЗ, автобусов «Икарус», тракторов и ДГУ с дизелями размерностей 15/18.

В процессе испытаний разработанных нейтрализаторов в АлтГТУ и на стендах предприятий обнаружено, что требования, предъявляемые к каталитическим нейтрализаторам Правил 82-02 ЕЭК ООН не выполняются по выбросам: оксида углерода – на 8...10%; углеводородов – на 9...12%; оксидов азота – на 36%.

Авторами предложены составы шихты, на основе которых получены пористые проницаемые блоки для каталитической очистки отработавших газов транспортных дизелей.

Сочетания отдельных компонентов в составе каталитических материалов для нейтрализаторов отработавших газов могут определять новые эффекты по снижению энергии активации в реакциях окисления продуктов неполного сгорания и реакциях восстановления оксидов азота.

Известно, что никель Ni выступает в роли катализатора в процессах доокисления продуктов неполного сгорания углеводородных топлив. Медь Cu в сочетании с Ni дает дополнительный эффект каталитического окисления за счет снижения энергии активации.

Проверка эффективности использования в составе СВС – каталитического материала соединений Cu-Ni показала, что по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> при значениях среднего эффективного давления 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами снижаются соответственно на 30...46...40% (рисунок 1а).

Наивысшая активность соединений Cu-Ni по восстановлению оксидов азота находится в диапазоне температур 500...800 К и выше и составляет от 33...42% до 40...50%. Таким образом, по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> началом активной работы катализатора Cu-Ni по воздействию на процессы восстановления оксидов азота NO<sub>x</sub> следует ожидать с  $p_e \geq 0,475$  МПа. На режимах холостого хода и малых нагрузок он будет малоэффективным.

В результате испытаний по внешней скоростной характеристике при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> было обнаружено, что эффективность катализатора с Cu-Ni по снижению выбросов оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами при частотах вращения коленчатого вала дизеля  $n = 1400...1800...2200...2600$  мин<sup>-1</sup> составляет соответственно 50...46...38...33% (рисунок 1б).

Нейтрализаторы с каталитическими СВС-блоками, содержащими соединения Cu-Ni, обеспечивают степень очистки отработавших газов от оксида углерода от 28...47% до 35...59% в диапазоне температур 550...720 К.

Несмотря на относительно невысокую эффективность очистки, блоки с содержанием соединений Cu-Ni могут быть успешно применены в качестве одной из ступеней очистки газов.

Выявлено, что катализатор с содержанием соединений Cu-Ni по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> и значениях среднего эффективного давления в цилиндре дизеля 0,35...0,55...0,78 МПа обеспечивает снижение содержания оксида углерода в отработавших газах соответственно на 50...57...58%. По нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> активная работа катализатора

Cu-Ni по воздействию на процессы доокисления СО начинается с  $p_e \geq 0,35$  МПа.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов СО по внешней скоростной характеристике при  $n = 1400...1800...2200...2600$  мин<sup>-1</sup> была определена 74...60...54...46% соответственно. Температурный диапазон эффективной работы катализатора Cu-Ni не соответствует диапазону температур по внешней скоростной характеристике.

Воздействие катализатора на доокисление углеводородов  $C_xH_y$  в продуктах сгорания характеризуется рабочим диапазоном температур от 525 до 775 К, в котором обеспечивается очистка от 36...46% до 42...50%.

Катализатор с содержанием соединений Cu-Ni способен по нагрузочной характеристике при  $2600 \text{ мин}^{-1}$  и значениях среднего эффективного давления в цилиндре дизеля 0,35...0,55...0,78 МПа снижать выбросы  $C_xH_y$  с отработавшими газами соответственно на 50...57...53%. По нагрузочной характеристике такой катализатор активно действует до  $p_e \geq 0,4 \text{ МПа}$ .

По внешней скоростной характеристике при  $1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  катализатор Cu-Ni обеспечивает снижение выбросов  $C_xH_y$  на 54...46...47...50% соответственно. Это объясняется тем, что температуры отработавших газов будут выше 775 К и активность катализатора падает.

Присутствие Cu-Ni в пористом проницаемом СВС-материале, фильтрующем отработавшие газы, сказывается на эффективности снижения выбросов твердых частиц. Отмечено, что по нагрузочной характеристике при  $2600 \text{ мин}^{-1}$  и значениях среднего эффективного давления 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы твердых частиц с отработавшими газами снижаются на 91...88...86% соответственно.

По внешней скоростной характеристике при  $1700...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  эффективность очистки составила 81...82...81...82% соответственно.

В результате сравнения результатов эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества очистки на 16% при использовании в составе материала Cu-Ni.

Таблица – Эффективность применения СВС-каталитических блоков с содержанием соединений Cu-Ni на техногенную нагрузку на окружающую среду, создаваемую вредными выбросами дизеля 8Ч12/12

Оценочные удельные показатели вредных выбросов	Уровни выбросов, г/(кВт·ч)		Величины техногенной нагрузки, ут/(км <sup>2</sup> ·год)			Превышение техногенной нагрузки ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5
	требования ЕВРО-4/ЕВРО-5	фактически без КН/с КН	без КН	КН с содержанием Cu-Ni	нормы ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5	
NOx	3,50/2,00	8,86/2,78	0,242	0,077	0,135/0,094/0,054	0,570/0,819/1,426
CO	1,50/1,50	4,93/1,56				
CH	0,46/0,25	1,23/0,54				
ТЧ	0,02/0,02	0,40/0,05				

Использование каталитических блоков КН, содержащих соединения Cu-Ni техногенная

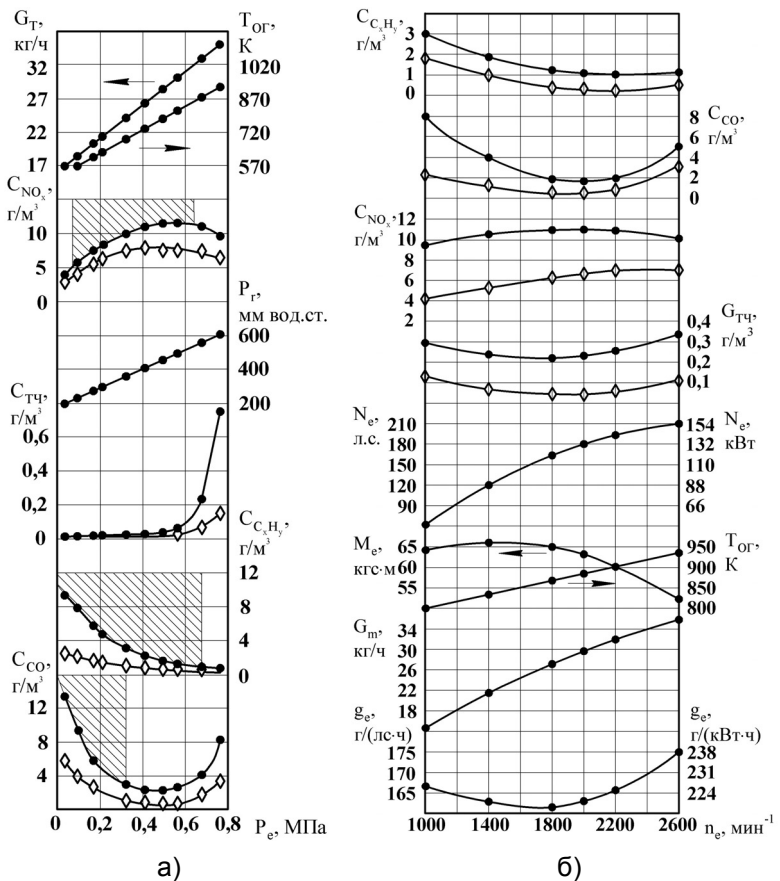


Рисунок 1 – Эффективность очистки отработавших газов дизеля 8Ч 12/12 в СВС-блоках каталитического нейтрализатора с добавлением соединений Cu-Ni: а)-по нагрузочной характеристике при  $2600 \text{ мин}^{-1}$ ; б)-по внешней скоростной характеристике (точки-без КН; ромбы-с КН)

нагрузка от дизеля 8С12/12 снижается в 3,14 раза и дизель с нейтрализатором входит в нормы стандарта ЕЭК ООН ЕВРО-4 (таблица).

Достижение же уровня техногенной нагрузки, соответствующего выполнению норм стандарта ЕВРО-5 связано с введением дополнительных ступеней очистки от СО и твердых частиц.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Смайлис, В.И. Малотоксичные дизели: учеб. для вузов / В.И. Смайлис. -Л.: Машиностроение, 1972. -128 с.

2 Мельберт, А.А. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей / А.А. Мельберт. -Новосибирск: Наука, 2003. -170 с.

3 Изучение некоторых свойств материала СВС-фильтров / В.Н. Красков, В.В. Евстигнеев, Н.П. Тубалов, О.А. Лебедева // Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: материалы и технологии: сб. науч. тр. / АлтГТУ им. Ползунова. -Новосибирск, 2001. -С. 40-43.

4 Евстигнеев, В.В. Структура и характеристика пористых СВС-фильтров / В.В. Евстигнеев, О.А. Лебедева, В.И. Пролубников; под ред. А.Л. Новоселова // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. ст. / АлтГТУ им. Ползунова. -Барнаул, 2002. -С. 111-115.

5 Мержанов, А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез неорганических соединений / А.Г. Мержанов, И.П. Боровинская // Докл. Акад. наук СССР. -1972. -Т. 204. -С. 366-369.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

**А.Л. Новоселов, Н.В. Батурин, А.А. Унгефук**

На основании результатов экспериментальных исследований показана возможность замещения благородных металлов меднохромокислыми соединениями в составе материалов для каталитических блоков нейтрализаторов отработавших газов дизелей на транспорте.

Острота проблемы, возникшей при осуществлении нейтрализации отработавших газов дизелей на транспорте, заключается в том, что только в окислительных ступенях каталитических нейтрализаторов используется до 0,03 кг/м<sup>3</sup> отработавших газов платины Pt или палладия Pd. В восстановительных ступенях используются редкоземельные, не менее дешевые элементы как родий Rh, рутений Ru и другие [1].

В АлтГТУ проведены работы по получению и использованию в составе каталитических нейтрализаторов новых материалов, замещающих благородные металлы.

Достигнутые результаты предлагается рассмотреть на примере замещения палладия соединением Cu-Cr.

Использование палладия Pd в системах очистки отработавших газов производств и двигателей внутреннего сгорания достаточно изучено специалистами. Однако эффективность Pd в составе материалов, полученных по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), оказалась вообще не изученной. Это можно объяснить и высокой стоимостью Pd на мировых рынках, и наблюдающимся снижением объема добычи в мире. Стоимость Pd на декабрь 2007 года составляла 900\$ за тройскую унцию. В то же время в составе СВС-материалов для каталитических блоков нейтрализаторов отработавших газов использование Pd вызывает интерес тем, что перекрывает широкий диапазон эффективной очистки газов от 450...550 К до 825...850 К одновременно от оксидов азота NO<sub>x</sub>, оксида углерода СО, углеводородов C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>.

Разработка новых материалов для каталитических нейтрализаторов связана, прежде всего, с тем, что в процессе очистки газов с поверхностей носителей наблюдается значительный унос катализаторов. Особенно это характерно для материалов, на поверхности ко-



торых катализаторы нанесены методами электролитического осаждения и пропиткой с последующей сушкой.

Использование перспективной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза позволяет получить прочные, стойкие к уносу газами катализаторов материалы.

Экспериментальное исследование по определению эффективности каталитической нейтрализации отработавших газов на СВС-материалах было проведено с соблюдением следующих условий: идентичности средних диаметров, размеров пор, пористости и извилистости пор. Это достигалось тем, что базовый состав шихты содержал: легированной стали – 47,5%; оксида хрома – 18%; хрома – 5%; никеля – 4,9%; алюминия – 12%; титана – 11,5...11,6% и до 1% по массе различных катализаторов.

Исследование проведено на экспериментальной установке с дизелем 8Ч12/12 в стендовых условиях, оборудованной согласно ГОСТ 21393-75 и ГОСТ 41.49-99 на топливе по ГОСТ 308-82 Л-0,2-40, масле МТ-16п.

Испытания проведены по нагрузочным характеристикам при 2600 мин<sup>-1</sup> и внешним скоростным характеристикам при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> при температурах окружающей среды  $T_0 = 300...303$  К, атмосферном давлении  $B_0 = 749-752$  мм рт. ст., влажности воздуха  $W_0 = 72...79\%$ .

Пористость СВС-материалов каталитических блоков составляла  $\Pi = 0,47...0,49$ ; извилистость пор  $\xi_u = 1,38...1,40$ ; объем пористой массы  $2,13 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; относительная площадь фильтрующей поверхности для режима номинальной мощности  $F_{фм} = 1,64 \cdot 10^{-4}$  (м/ч)<sup>2</sup>.

Пилотная установка с СВС-каталитическим нейтрализатором устанавливалась встык с одним из выпускных коллекторов дизеля, поэтому не возникало необходимости подогрева отработавших газов на режимах нагрузки свыше 50%, на которых наблюдаются наиболее высокие уровни выбросов вредных веществ [2].

Ниже при описании эффективности очистки газов в пористых каталитических блоках с различным составом катализаторов речь будет идти об оценке начальной активности каталитических материалов.

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что на каталитических СВС-материалах с содержанием палладия Pd около 0,3% по массе по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> при значениях среднего эффективного давления 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами снижаются соответственно на 15...60...65%.

Низкая эффективность очистки от NO<sub>x</sub> на режимах малых нагрузок объясняется тем, что температура отработавших газов 790 К, соответствующая активному воздействию катализатора Pd на процессы восстановления оксидов азота, появляется, начиная со значения среднего эффективного давления  $p_e = 0,52$  МПа. Здесь и далее: CNO<sub>x</sub>, ССО, СС<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, СТЧ – содержание в отработавших газах соответственно оксидов азота, оксида углерода, углеводородов, твердых частиц, г/м<sup>3</sup>;  $\alpha'_1$  -коэффициент избытка воздуха;  $T_e$  -температура отработавших газов, К;  $G_e$  -расход воздуха, кг/ч;  $G_m$  -расход топлива, кг/ч;  $b_e$  -удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч).

При значениях среднего эффективного давления в цилиндрах дизеля 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксида углерода СО снижаются по нагрузочной характеристике соответственно на 75...86...92%. Активное воздействие катализатора Pd на процессы доокисления СО начинается с температуры отработавших газов 520 К, а такая температура соответствует значению среднего эффективного давления  $p_e = 0,10$  МПа.

При указанных выше значениях среднего эффективного давления 2600 мин<sup>-1</sup> выбросы с отработавшими газами углеводородов С<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (суммарно) снижаются соответственно на 50...84...83%. Высокая эффективность очистки отработавших газов от С<sub>x</sub>H<sub>y</sub> объясняется тем, что палладий Pd воздействует на процессы доокисления углеводородов, начиная уже с температуры 450 К, что соответствует удельному эффективному давлению  $p_e = 0,4$  МПа.

Испытания, проведенные по внешней скоростной характеристике при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> показали, что эффективность катализатора с использованием Pd по снижению выбросов оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами при частотах вращения коленчатого вала дизеля

$n = 1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  составила соответственно 65...58...50...46%. Высокая эффективность очистки газов от  $\text{NO}_x$  объясняется тем, что температуры отработавших газов соответствовали диапазонам высокой активности катализаторов.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов оксида углерода CO по внешней скоростной характеристике при  $n = 1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  составила 95...92...91...86% соответственно. Несмотря на то, что диапазон активного воздействия Pd на доокисление азота лежит в пределах 520...820 K, а температуры газов по внешней скоростной характеристике изменяются в пределах 820...920 K, катализатор продолжает действовать на процессы окисления.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов углеводородов по внешней скоростной характеристике при  $n = 1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  характеризуется 84...94...96...91% соответственно. Температурный диапазон наивысшей эффективности катализатора Pd изменяется от 450 до 850 K, а эффективность очистки достигает 92%.

Рассматривая результаты снижения выбросов твердых частиц с отработавшими газами, следует учитывать, что в принципе все рассматриваемые пористые проницаемые каталитические материалы с одинаковыми пористостью, проницаемостью, извилистостью пор, толщинами стенок и относительными площадями фильтрующей поверхности при одинаковых режимах работы дизеля должны иметь и одинаковую эффективность очистки газов от твердых частиц [3].

Однако обнаружено, что эффективность очистки отработавших газов при использовании различных катализаторов несколько различается. Это можно объяснить в основном тем, что в присутствии ряда катализаторов уменьшается температура воспламенения дизельной сажи и последняя полнее выгорает на поверхностях пористых проницаемых блоков нейтрализаторов или сажевых фильтров.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов твердых частиц по нагрузочной характеристике при  $p_e = 0,35...0,55...0,78 \text{ МПа}$  при  $2600 \text{ мин}^{-1}$  составила соответственно 50...88...84%, по внешней скоростной характеристике при  $n = 1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  составила соответственно 91...87...80...83%.

В результате сравнения эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества на 18-20% при использовании в составе материала палладия Pd.

Далее по методике, разработанной авторами, была проведена оценка вредных выбросов дизеля по оценочным удельным показателям вредных выбросов, результаты которой сведены в таблицу 1. Здесь же выполнена оценка величин техногенной нагрузки для одинаковых условий в случаях выполнения норм выбросов ЕВРО-4 и ЕВРО-5, действительных выбросов без нейтрализации газов и действительных выбросов с нейтрализацией газов с присутствием в пористых проницаемых СВС-блоках палладия Pd.

При выполнении норм стандартов ЕВРО-3, ЕВРО-4 и ЕВРО-5 в значениях коэффициента техногенной нагрузки на долю отдельных компонентов отработавших газов приходится соответственно: по оксидам азота – 97,17...97,5...97,12%; по оксиду углерода – 0,43...0,44...0,76%; по углеводородам – 1,68...1,85...1,75%; по твердым частицам – 0,72...0,21...0,36%.

Таблица 1 – Эффективность применения СВС-каталитических блоков с содержанием палладия Pd на техногенную нагрузку на окружающую среду, создаваемую вредными выбросами дизеля 8Ч12/12

Оценочные удельные показатели вредных выбросов	Уровни выбросов, г/(кВт·ч)		Величины техногенной нагрузки, ут/(км <sup>2</sup> ·год)			Превышение техногенной нагрузки ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5
	требования ЕВРО-4/ЕВРО-5	фактически без КН/с КН	без КН	КН с содержанием Cu-Ni	нормы ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5	
NOx	3,50/2,00	8,86/2,64	0,242	0,071	0,135/0,094/0,054	0,526/0,755/1,315
CO	1,50/1,50	4,93/1,69				
CH	0,46/0,25	1,23/0,33				
ТЧ	0,02/0,02	0,40/0,04				

Анализ данных таблицы 1 говорит о том, что при использовании в качестве катализатора в составе СВС-материалов Pd можно отметить, что дизель укладывается в нормы ЕВРО-

3 и ЕВРО-4 по комплексному показателю техногенной нагрузки. Достижение норм ЕВРО-4 по уровню техногенной нагрузки может быть обеспечено как совершенствованием рабочих процессов дизеля, так и нейтрализатора, подбором катализаторов.

Это дает возможность значительно снизить техногенную нагрузку, создаваемую дизелем на окружающую среду.

Далее была предпринята попытка замещения палладия Pd соединениями Cu-Cr в составе СВС-материалов для каталитических материалов.

Результаты определения эффективности соединения Cu-Cr для очистки отработавших газов приведены в таблице 2.

*Таблица 2 – Эффективность применения СВС-каталитических блоков с содержанием соединений Cu-Cr на техногенную нагрузку на окружающую среду, создаваемую вредными выбросами дизеля 8Ч12/12*

Оценочные удельные показатели вредных выбросов	Уровни выбросов, г/(кВт·ч)		Величины техногенной нагрузки, ут/(км <sup>2</sup> ·год)			Превышение техногенной нагрузки ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5
	требования ЕВРО-4/ЕВРО-5	фактически без КН/с КН	без КН	КН с содержанием Cu-Ni	нормы ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5	
NO <sub>x</sub>	3,50/2,00	8,86/2,72	0,242	0,076	0,135/0,094/0,054	0,563/0,808/1,407
СО	1,50/1,50	4,93/1,54				
СН	0,46/0,25	1,23/0,61				
ТЧ	0,02/0,02	0,40/0,06				

В результате проведенной работы установлена структура и доли отдельных компонентов газов в техногенной нагрузке дизелей. С учетом каталитической очистки на долю: NO<sub>x</sub> приходится 93...97%; СО – 0,37...1,70%; С<sub>x</sub>Н<sub>y</sub> – 1,75...4,97%; ТЧ – 0,546...0,760%. Уже в настоящее время использование СВС-материалов с соединениями Cu-Cr дает возможность замещения Ir, Rh, Pd в качестве катализаторов при очистке отработавших газов транспортных дизелей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Новоселов, А.Л. Снижение вредных выбросов дизелей / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, А.А. Жуйкова. -Новосибирск: Наука, 2007. -139 с.
- 2 Вагнер, В.А. Снижение дымности дизелей / В.А. Вагнер, А.Л. Новоселов, А.С. Лоскутов. -Барнаул: Союз НИО, 1991. -140 с.
- 3 Мельберт, А.А. Эффективность СВС-каталитических блоков в нейтрализаторах для дизелей / А.А. Мельберт, А.А. Новоселов // Вест. АлтГТУ им. И.И. Ползунова. -1999. -№2. -С. 156.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

**А.А. Мельберт, А.А. Жуйкова, М.Л. Тихомиров, Ю.В. Большанина**

Экспериментально доказана эффективность использования редкоземельных элементов Ir и Rh в качестве катализаторов в составе пористых проницаемых СВС-материалах, применяемых в каталитических нейтрализаторах очистки отработавших газов дизелей на транспорте.

При доле двигателей внутреннего сгорания в общем загрязнении воздушного бассейна, достигающей 60%, уровни вредных выбросов достигают в отдельных городах на одного жителя в год: в Норильске – 13,0 т; Магнитогорске – 1,92 т; Нижнем Тагиле – 1,464 т; Новокузнецке – 1,388 т; Барнауле – 0,49 т.

Вредные выбросы, вызванные работой транспорта, в России в пять раз превышают выбросы тепловых электростанций и в три раза – промышленных предприятий.

Дизелизация транспорта, надежды на которую связывались со снижением уровней вредных выбросов в атмосферу, не оправдала себя, а привела к усугублению проблемы. Достижения научно-технического прогресса, заложенные в конструкции современных дизелей не обеспечивают выполнения постоянно ужесточающихся требований национальных и международных стандартов [1].

В 2008 году ЕЭК ООН вводится стандарт ЕВРО-5, ограничивающий вредные выбросы дизелей до следующих предельных значений: по оксидам азота  $\text{NO}_x$  – до 2,0 г/(кВт·ч); по оксиду углерода  $\text{CO}$  – до 1,5 г/(кВт·ч); по углеводородам  $\text{C}_x\text{H}_y$  – до 0,25 г/(кВт·ч); по твердым частицам – до 0,02 г/(кВт·ч), согласно правилу ECE R49.

В то же самое время целым рядом производителей дизелей не достигнуто соответствие уровней вредных выбросов стандартам ЕВРО-3 и ЕВРО-4, введенным ранее.

При осуществлении каталитической очистки отработавших газов на транспорте широкое применение нашли редкоземельные элементы, в том числе иридий Ir и родий Rh [2].

Привлекательность применения родия Rh в каталитических нейтрализаторах отработавших газов заключается в том, что уже малое процентное содержание его на поверхностях металлических или керамических носителей приводит к значительной эффективности снижения выбросов вредных веществ. Широкое использование ЧДА Rh тормозится его высокой ценой на международном рынке. Цена Rh с чистотой 99,999% достигла в декабре 2007 года 980\$ за тройскую унцию.

Родий Rh относится к d-элементам переходных металлов платиновой группы. Использование Rh в каталитических материалах для нейтрализаторов отработавших газов производится рядом ведущих автомобилестроительных фирм. Родий, как правило, наносится в виде тончайшего слоя на поверхности носителей [3].

Нами предпринята попытка использования Rh в материалах, получаемых самораспространяющимся высокотемпературным синтезом.

Эффективность очистки отработавших газов при использовании в составе СВС-каталитического материала до 0,1% по массе родия Rh была оценена по результатам испытаний дизеля 8Ч12/12 по нагрузочным при 2600 мин<sup>-1</sup> и внешним скоростным при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> характеристикам.

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что на каталитических СВС-материалах с содержанием родия Rh до 0,1% по массе по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> при значениях среднего эффективного давления 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксидов азота  $\text{NO}_x$  с отработавшими газами снижаются соответственно на 50...42...25% (рисунки б).

Относительно невысокая эффективность очистки от  $\text{NO}_x$  на режимах нагрузок до 0,2 МПа объясняется тем, что Rh как катализатор воздействует на процессы восстановления оксидов азота в границах температур 620...900 К и выше. Такие температуры отработавших газов наблюдаются, начиная с  $p_e = 0,22...0,25$  МПа и выше.

В результате испытаний по внешней скоростной характеристике при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> было обнаружено, что эффективность катализатора с Rh по снижению выбросов оксидов азота  $\text{NO}_x$  с отработавшими газами при частотах вращения коленчатого вала дизеля  $n = 1400...1800...2200...2600$  мин<sup>-1</sup> составила соответственно 49...52...52...56% (рисунок а).

Здесь следует обратить внимание на факт существования высоких температур отработавших газов по всей внешней скоростной характеристике дизеля 8Ч12/12 от 1000 до 2600 мин<sup>-1</sup>, что обеспечивало бы высокую степень очистки газов в каталитическом нейтрализаторе. Однако реально автомобильный дизель не работает или редко работает по внешней скоростной характеристике, а ограничивается работой на частичных режимах и соответственно температуры газов ниже.

Нейтрализаторы с каталитическими материалами, содержащими Rh, имеют самую высокую степень очистки отработавших газов от оксидов азота. Температура отработавших газов по внешней скоростной характеристике изменяется от 820 до 925 К и попадает в диапазон эффективной очистки от  $\text{NO}_x$  в присутствии катализатора Rh.

Разработанный СВС-катализатор с использованием Rh способен при 2600 мин<sup>-1</sup> и средних эффективных давлениях в цилиндрах дизеля 0,35...0,55...0,78 МПа снижать содержание оксида углерода  $\text{CO}$  в отработавших газах соответственно на 70...71...63%. Наиболее высокая активность Rh по доокислению оксида углерода находится в диапазоне температур 500...850 К, а эффективность достигает при этом от 53...68% до 85...92%. По нагру-

зочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> это находится по среднему эффективному давлению от 0,47 до 0,80 МПа. В нашем случае указанного эффекта не получено.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов оксида углерода СО по внешней скоростной характеристике при  $n = 1400...1800...2200...2600$  мин<sup>-1</sup> характеризуется 88...74...76...76% соответственно. Температурный диапазон эффективного участия катализатора в процессе доокисления оксида углерода составляет 500...800 К, а эффективность воздействия на процесс снижения выбросов СО можно ожидать от 53...68% до 85...92%. В нашем случае по внешней скоростной характеристике при всех значениях температур отработавших газов обеспечивается высокая эффективность очистки от СО.

Относительно углеводородов в составе отработавших газов складывается ситуация, состоящая в том, что уровень выбросов  $C_xH_y$  по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> снижается при значениях среднего эффективного давления  $p_e = 0,35...0,55...0,78$  МПа соответственно на 50...73...67...65%.

Уровень ожидаемого наибольшего снижения выбросов  $C_xH_y$  составляет от 70...80% при 510 К до 82...88% при 875 К. По нагрузочной характеристике это соответствует средним эффективным давлениям от 0,48 МПа и выше. То есть на режимах холостого хода и малых нагрузок до 30% нейтрализатор имеет низкую степень очистки отработавших газов от  $C_xH_y$ .

По внешней скоростной характеристике при 1400...1800...2200...2600 мин<sup>-1</sup> катализатор обеспечивает снижение выбросов  $C_xH_y$  соответственно на 87...72...70...67%, так как температура отработавших газов обеспечивает его наиболее эффективное воздействие на процессы доокисления  $C_xH_y$ .

Отдельное внимание необходимо уделить эффективности воздействия на содержание твердых частиц в составе отработавших газов.

По-видимому, Rh способствует снижению температуры воспламенения сажи на поверхностях СВС-каталитических материалов. Этим можно объяснить то, что содержание твердых частиц в отработавших газах по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> и значениях среднего эффективного давления в цилиндрах 0,35...0,55...0,78 МПа снижаются соответственно на 84...87...89%.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов твердых частиц с отработавшими газами по внешней скоростной характеристике при 1400...1800...2200...2600 мин<sup>-1</sup> составляет соответственно 64...67...63...77%.

В результате сравнения результатов эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества очистки на 10-12% при использовании в составе материала родия Rh, что соответствует ранее полученным данным [4].

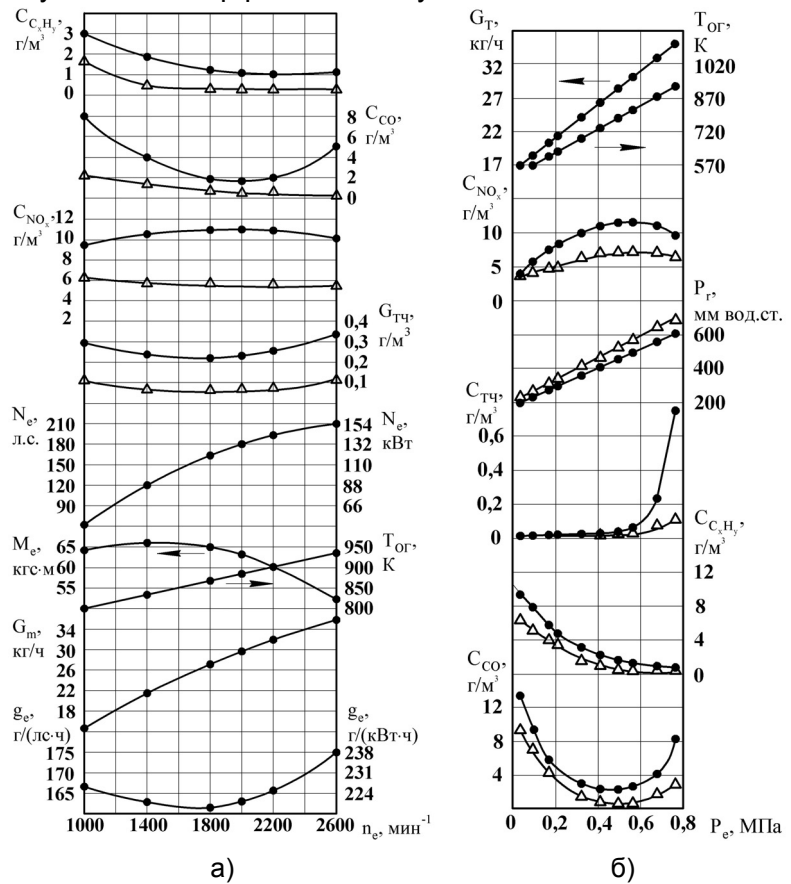


Рисунок – Эффективность очистки отработавших газов дизеля 8Ч 12/12 в СВС-блоках каталитического нейтрализатора с добавлением родия Rh: а)-по внешней скоростной характеристике, б)-по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> (точки-без КН; ромбы-с КН)

По методике, созданной авторами, была проведена оценка уровней вредных выбросов дизеля по оценочным удельным показателям вредных выбросов, результаты которой сведены в таблицу 1. Здесь же выполнена оценка величины техногенной нагрузки для одинаковых условий, в случаях выполнения норм выбросов ЕВРО-4 и ЕВРО-5, действительных выбросов без нейтрализации газов и действительных выбросов с нейтрализацией газов с присутствием в пористых проницаемых СВС-блоках родия Rh.

При использовании каталитического нейтрализатора с СВС-блоками, содержащими Rh, величина техногенной нагрузки на окружающую среду снижается в 2,85 раза.

Использование таких нейтрализаторов дает возможность вписываться в уровни техногенной нагрузки, предусмотренной нормами ЕВРО-3 и ЕВРО-4. Однако выполнение норм ЕВРО-5 требует дальнейшего совершенствования очистки газов.

*Таблица 1 – Эффективность применения СВС-каталитических блоков с содержанием родия Rh на техногенную нагрузку на окружающую среду, создаваемую вредными выбросами дизеля 8Ч12/12*

Оценочные удельные показатели вредных выбросов	Уровни выбросов, г/(кВт·ч)		Величины техногенной нагрузки, ут/(км <sup>2</sup> ·год)			Превышение техногенной нагрузки ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5
	требования ЕВРО-4/ЕВРО-5	фактически без КН/с КН	без КН	КН с содержанием Cu-Ni	нормы ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5	
NOx	3,50/2,00	8,86/3,10	0,242	0,085	0,135/0,094/0,054	0,629/0,904/1,574
СО	1,50/1,50	4,93/1,74				
СН	0,46/0,25	1,23/0,63				
ТЧ	0,02/0,02	0,40/0,05				

Большой интерес представляет использование Ir в качестве катализаторов в системах очистки отработавших газов на транспорте, поэтому подобно описанному выше приведены экспериментальные исследования с использованием Ir в составе блоков. Эффективность применения Ir приведена в таблице 2.

*Таблица 2 – Эффективность применения СВС-каталитических блоков с содержанием иридия Ir на техногенную нагрузку на окружающую среду, создаваемую вредными выбросами дизеля 8Ч12/12*

Оценочные удельные показатели вредных выбросов	Уровни выбросов, г/(кВт·ч)		Величины техногенной нагрузки, ут/(км <sup>2</sup> ·год)			Превышение техногенной нагрузки ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5
	требования ЕВРО-4/ЕВРО-5	фактически без КН/с КН	без КН	КН с содержанием Cu-Ni	нормы ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5	
NOx	3,50/2,00	8,86/3,40	0,242	0,093	0,135/0,094/0,054	0,688/0,989/1,722
СО	1,50/1,50	4,93/1,92				
СН	0,46/0,25	1,23/0,83				
ТЧ	0,02/0,02	0,40/0,06				

При использовании Ir в составе каталитических СВС-блоков уже в настоящее время появляется возможность иметь техногенную нагрузку на окружающую среду, соответствующую уровням, предусмотренным нормами выбросов согласно требованиям ЕВРО-3 и ЕВРО-4.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смайлис, В.И. Малотоксичные дизели / В.И. Смайлис. -Л.: Машиностроение, 1972. -128 с.
- 2 Мельберт, А.А. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей / А.А. Мельберт. -Новосибирск: Наука, 2003. -170 с.
- 3 Синицын, В.А. Возможности каталитической нейтрализации отработавших газов дизелей / В.А. Синицын, А.А. Новоселов // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. ст. / Акад. трансп. РФ, АлтГТУ. -Барнаул, 1998. -С. 109-111.
- 4 Kandydas, I. P. Simulation of continuously regenerating diesel particulate filters in transient driving cycles / I.P. Kandydas, G.C. Koltsakis // Proc. Inst. Mech. Eng. D. -2002. -V.216, №7. -С. 591-606.

**КРИТЕРИЙ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.В. Викулов, С.С. Глушков, С.В. Штельмах**

Результаты эксперимента.

Создание математических моделей, описывающих процесс накопления усталости материала коленчатого вала ДВС в процессе эксплуатации, представляет большой научный и практический интерес, так как позволяет обоснованно прогнозировать его остаточный ресурс. При комплексном решении проблемы прогнозирования в первую очередь необходимо исследовать характер деградации объекта во времени.

Известно, что весь комплекс явлений, составляющих существо процесса накопления усталостных повреждений при циклических нагрузках приводит к росту колебаний валопровода СЭУ. В качестве критерия накопления усталостных повреждений нами рассматривается средняя амплитуда крутильных колебаний спектрограммы, снимаемой с работающих дизелей.

Объектами исследований являлись эксплуатируемые дизели 6NVD26-A3 теплоходов типа «РТ-600» проекта 1741 Омского речного порта.

Измерение крутильных колебаний проводилось при помощи автоматизированного измерительно-вычислительного комплекса БАГС-4, состоящего из измерительного датчика ТНК-1 (ГОСТ 26046-83), аналого-цифрового преобразователя спектра ПФ-1 (ГОСТ 12997-84), программного обеспечения «ЮнитКС», ЭВМ-Notebook «TOSHIBA». Датчик устанавливался на свободном конце коленчатого вала со стороны демпфера. Определение максимального развития вынужденных колебаний производилось автоматически и синхронно датчиком ТНК-1 при работе дизеля с заданным числом оборотов. Сигналы датчика выровнены и обработаны, таким образом, полезный сигнал определялся только крутильными колебаниями, которые зависят от неравномерности вращения и скручивания в данном участке вала. За пределами машинного отделения запись измеренных колебаний от флеш-карты через порт USB передавались на аналого-цифровой преобразователь спектра ПФ-1 и обрабатывались им методом интегрального преобразования Фурье. Получаемая спектрограмма показывала, какие гармоники содержатся в данном сложном колебании, и какую амплитуду имеет каждая из этих гармоник.

Полученный массив экспериментальных данных, подвергнутый предварительной статистической обработке, представлен в таблице.

Для изучения характера статистической связи между средней амплитудой  $A$  и наработкой дизелей использовались методы корреляционного и регрессионного анализов.

Обработка экспериментального материала методом наименьших квадратов позволила установить наличие довольно тесной зависимости (близкой к детерминированной), представленной линейной регрессионной моделью (таблица)

$$\bar{A} = 1,884 \cdot 10^{-4} t, \text{ рад,}$$

с коэффициентом корреляции  $r = 0,999$ .

Относительная ошибка аппроксимации при уровне доверительной вероятности  $p = 0,95$  составила 3,82%.

По известным геометрическим характеристикам сечения вала амплитуду крутильных колебаний можно пересчитать в действующие моменты и касательные напряжения в вале.

Таким образом, полученная математическая модель

деградации объекта открывает путь к построению общей модели прогнозирования остаточ-

Таблица – Массив экспериментальных данных

Теплоход	Дизель	Наработка $t$ , тыс.ч.	Средняя амплитуда $\bar{A} \cdot 10^{-3}$ , рад.
РТ-673	левый	10	1,64
РТ-689	левый	30	6
РТ-638	левый	37,5	7,24
РТ-787	правый	39	7,72
РТ-726	правый	56	10,64
Среднее значение		34,5	6,5

ного ресурса двигателей методом исследования крутильных колебаний, в гармоническом анализе которых содержится комплексная информация о техническом состоянии двигателя в целом и о состоянии валовой группы в частности.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ ГАЗООБМЕНА ПОРШНЕВЫХ ДВС**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

**А.А. Балашов, И.А. Карпов, Р.А. Вебер**

Приведена методика расчета газодинамических потерь в проточных системах путем оценки изменения энтропии.

При расчёте открытых термодинамических процессов, различных проточных систем, часто используют таблицы и диаграммы, что не всегда обеспечивает достаточную точность и затрудняет применение ЭВМ. Поэтому необходимы зависимости для определения параметров потока в широком диапазоне режимов течения, с помощью которых, обоснованно задаваясь коэффициентами газодинамических потерь или расхода, определять изменение параметров движущегося по каналам потока.

В адиабатных потоках, газодинамические потери можно оценивать не только коэффициентом расхода  $\mu$  или газодинамических потерь  $\xi$ , но и с помощью изменения энтропии, так как она обладает ещё и свойством аддитивности, т.е. её можно суммировать по участкам проточной системы. Рассмотрим процесс истечения газа с учётом газодинамических потерь и преобразования энергии в потоке.

Процесс будем считать адиабатным, но с наличием энтропии из-за образования газодинамических потерь и трансформации их в теплоту в открытой системе, согласно уравнения:

$$dS = \delta q_r / T, \quad (1)$$

где  $dS$  – приращение энтропии в потоке;

$\delta q_r$  – теплота, появляющаяся из-за преодоления потоком газодинамических сопротивлений;

$T$  – базовая термодинамическая абсолютная температура.

Рассмотрим, как изображается процесс расширения газа в потоке с газодинамическими потерями в T-S диаграмме (рисунок 1). Процесс без газодинамических потерь, изображается отрезком изоэнтропы расположенной между изобарами  $p_1^*$  и  $p_T$  (между точками  $1^*$  и  $1_T$ ) при постоянной энтропии  $S_1 = S_2 = S_3 = \text{Const}$ , а теоретическая скорость потока на выходе из канала будет характеризоваться перепадом температур  $T^* - T_T$ . Если действительный процесс расширения газа характеризуемый линией  $1_T-2-3$  или  $p_T = \text{Const}$  (рисунок 1) будет развиваться по изобаре  $p_T$ , то и процесс адиабатного течения газа по каналу будет протекать с увеличением энтропии в потоке от  $S_1 T$  до  $S_2$  и  $S_3$ , а это значит, что растут и статические температуры газа  $T_2$  и  $T_3$  относительно их изоэнтропного уровня  $T_T$ . При этих условиях реальный процесс расширения газа в потоке по линии  $1^*-2$  или  $1^*-3$  (рисунок 1) можно рассматривать как два простых процесса – изоэнтропное расширение  $1^*-1_T$  и изобарное сжатие  $1_T-2$  или  $1_T-3$  [3]. Есть и другое объяснение процесса расширения газа в потоке при этом утверждается, что течение газа без трения и с трением в потоке происходит, естественно, до давления  $p_T$  на выходе из канала, так как точка, соответствующая действительному процессу течения с трением, будет лежать на изобаре  $p_T = \text{Const}$ , но правее точки  $1_T$ , т.е. точка 2 или 3 [4]. Так трактуется в технической термодинамике процесс расширения газа в потоке при течении его по каналам. Все авторы сходятся в одном, что при изоэнтропном процессе расширения газа в потоке можно достигнуть теоретически возможных параметров потока  $p_T$  и  $T_T$  (рисунок 1), при соответствующих перепадах температур  $T^* - T_T$  и давлений  $p_1^* - p_T$ ,



но при дальнейшем увеличении термодинамических сопротивлений, энтропия в потоке возрастает  $S_2 > S_1$ , также возрастает статическая температура  $T_2 > T_T$ , поэтому процесс расширения газа в потоке сменит свой статус с изоэнтропного на адиабатный, причём он будет продолжать развиваться по изобаре  $pT = \text{Const}$  и точка 2 будет находиться на этой изобаре.

Но параметры потока в точке 2 должны быть  $S_2$ ,  $T_2$ ,  $p_2$ , где  $p_2 > p_T$ , так как согласно уравнения состояния

$$T_2 = p_2 v_2 / R \text{ и } T_T = p_T v_T / R,$$

но  $T_2 > T_T$  и соответственно  $p_2 v_2 > p_T v_T$ , поэтому адиабатный процесс расширения газа в потоке по изобаре  $pT = \text{Const}$  развиваться не сможет, так как будет следовать условию  $p_3 > p_2 > p_T$  (рисунок 2).

Таким образом, развитие адиабатного процесса расширения газа по статическим параметрам потока  $p$  и  $T$  при возрастании энтропии не может происходить по изобаре  $pT = \text{Const}$  (рисунок 2). Поэтому и выражения характеризующие термодинамический процесс должны видоизмениться.

Известное выражение для коэффициента газодинамических потерь

$$\xi = W_T^2 - \frac{W_D^2}{W_0^2} = 2c_p \Delta T_\Sigma - \frac{2c_p \Delta T}{2c_p \Delta T} = \frac{\Delta T_T}{\Delta T}, \quad (2)$$

где  $W_T, W_D$  – теоретическая и действительная скорость в выходном сечении потока;

$\Delta T_\Sigma = T^* - T_T$  – суммарный перепад температур;

$\Delta T = T^* - T_2$  – действительный перепад температур между заторможенной и статической температурами в адиабатном потоке;

$\Delta T_T = T_2 - T_T$  – перепад статических температур.

Раскроем выражение:

$$\xi = \frac{\Delta T_T}{\Delta T} = \frac{T - T_T}{T^* - T} = \frac{T(1 - T_T/T)}{T(T^*/T - 1)}, \quad (3)$$

откуда с учётом выражения:  $T^*/T_2 = 1 + (k-1)/2M^2$ , получим:

$$\xi = \frac{1 - T_T/T_2}{1 + (k-1)/2M^2 - 1} = \frac{1 - T_T/T_2}{(k-1)/2M^2} \text{ или } \frac{T_T}{T_2} = 1 - \frac{(k-1)}{2} \xi M^2, \quad (4)$$

где  $M$  – число Маха.

Анализируя выражение (1), можно сказать, что определить элементарное количество теплоты, появляющееся в адиабатном потоке можно по выражению:

$$\delta q_2 = c_p dT_T, \text{ откуда } q_2 = c_p \Delta T_T = c_p (T_2 - T_T), \quad (5)$$

а за базовую температуру в потоке можно принять температуру  $T_T$ .

Тогда

$$\int_{S_1}^{S_2} dS = c_p \int_{T_1}^{T_2} dT_T / T_T \text{ и } S_2 - S_1 = \Delta S = c_p \ln(T_2/T_T). \quad (6)$$

Подставив (4) в зависимость (6) будем иметь:

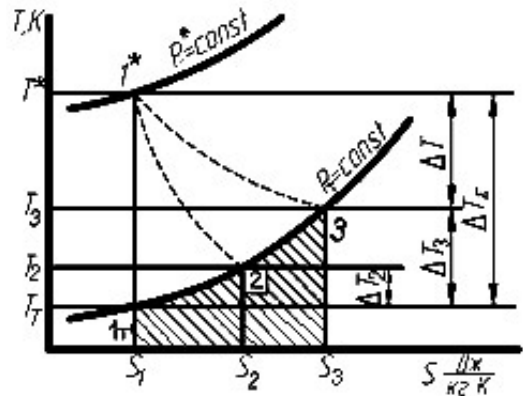


Рисунок 1- Диаграмма T-S расширения газа

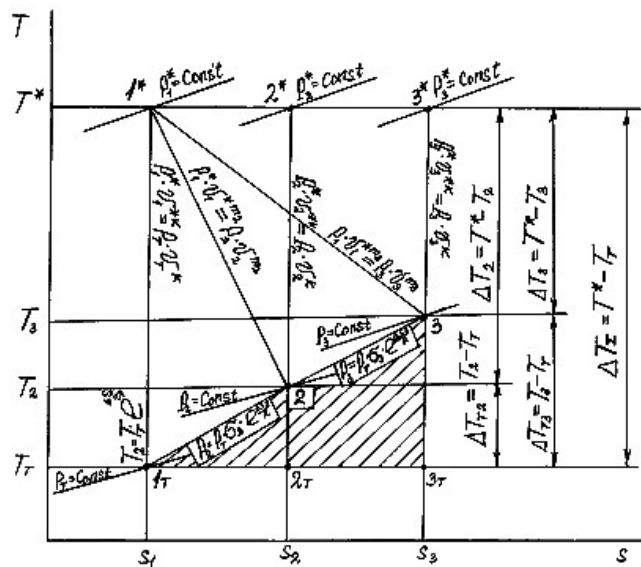


Рисунок 2 - T-S диаграмма

$$\Delta S = c_p \ln \left[ \frac{2}{2 - \xi(k-1)M^2} \right]. \quad (7)$$

Таким образом, зависимости (2) и (6) для определения газодинамических потерь  $\xi$  и изменения энтропии в потоке  $\Delta S$  отражают основные особенности протекания физических процессов в элементах газоздушных трактов поршневых ДВС, как при определении расходных характеристик органов газообмена, так и при обработке данных статической продувки и индицирования двигателя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. -М.: Наука, 1969. -824 с.
- 2 Балашов, А.А. Определение газодинамических потерь в проточных каналах ДВС / А.А. Балашов // Исследование и совершенствование быстроходных двигателей: межвуз. сб. / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. -Барнаул, 1997. -С. 133-142.
- 3 Жуковский, В.С. Термодинамика / В.С. Жуковский. -М.: Энергоатомиздат, 1983. -304 с.
- 4 Кирилин, В.А. Техническая термодинамика / В.А. Кирилин, В.В. Сычёв, А.Е. Шейндлин. -М.: Энергоатомиздат, 1983. -416 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ГАЗОВОЙ ПРИСАДКИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ОКСИДОВ АЗОТА В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.В. Титов, В.Е. Антонов, Г.С. Юр**

Приведены результаты сравнительных испытаний судового дизеля 6ЧСПН16/22,5 при дополнительном его наддуве водородосодержащим газом. Показано, что подача водородосодержащего газа во всасывающий коллектор дизеля способствует существенному уменьшению концентрации окислов азота в отработавших газах.

В 2000 году Госстандартом России принято решение о прямом введении Европейских стандартов ограничивающих количество выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания [1]. Это поставило отечественное дизелестроение в равные конкурентные условия с зарубежным.

Известно, что для разработки и создания нового дизеля удовлетворяющего современным экологическим требованиям требуется от 5 до 8 лет и около 400 млн. долларов США [2]. Поэтому для отечественного двигателестроения наиболее приемлемым является путь модернизации дизелей находящихся в эксплуатации и уже освоенных в производстве.

Считается, что наиболее эффективным средством уменьшения содержания окислов азота в отработавших газах считается 10-15% наддув дизеля бедной водородосодержащей газовой смесью. По имеющимся данным этот способ позволяет уменьшить концентрацию окислов азота в 5-7 раз [3].

В лаборатории СДВС ФГОУ ВПО «НГАВТ» спроектирован и изготовлен опытный образец судового кавитационного газового генератора и создана экспериментальная установка для проведения исследований по влиянию водородосодержащей газовой присадки на экологические и экономические показатели судового дизеля.

Схема опытной установки приведена на рисунке 1.

Установка состоит из судового дизеля 1 (6ЧСПН16/22,5), который соединен трубопроводом с кавитационным газовым генератором 2. Дизель нагружался гидравлическим тормозом 3. Избыточная мощность газового генератора воспринималась электрическим генератором 4, который нагружался при помощи блока сопротивлений. Полученный в генераторе водородосодержащий газообразный продукт подавался по газопроводу 5 во всасывающий коллектор дизеля за турбокомпрессором. Для исключения обратного заброса газовой смеси в корпус генератора после него установлен невозвратный клапан 6.

Частота вращения коленчатого вала судового дизеля определялась при помощи штатного тахометра и дополнительно контролировалась штатным тахометром.

Величина крутящего момента получаемом на дизеле и газовом генераторе измерялась стрелочными весами 7 и 8.

Индикаторная диаграмма на дизеле снималась прибором «ДЕКАРТ» с использованием пьезокварцевых датчиков давления. Тарировка датчиков выполнялась на стенде «Орион» с использованием образцового манометра класса точности 1,0 прошедшего плановую метрологическую поверку.

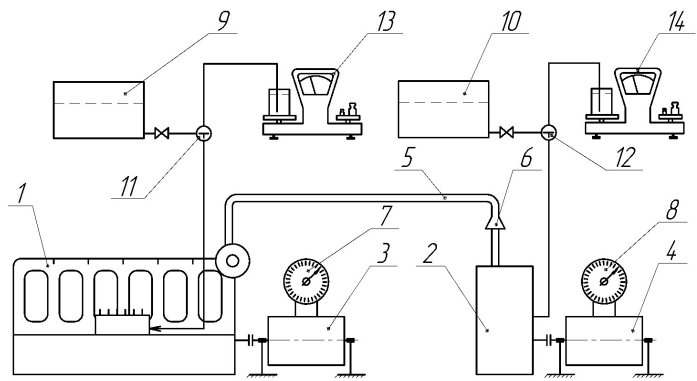


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Работа дизеля и газового генератора осуществлялась на дизельном топливе ГОСТ 305-82 «Л» по винтовой и нагрузочной характеристикам.

Расход топлива измерялся весовым способом. Дизельное топливо из расходных баков 9 и 10 через трехходовые краны 11 и 12 подавалось в емкости установленные на стрелочных весах 13 и 14. Затем, после переключения трехходового крана, топливо из мерной емкости поступало в дизель и в газовый генератор. Время расхода заданной порции топлива измерялось при помощи секундомера. Утечное топливо собиралось в отдельную емкость, взвешивалось и учитывалось при выполнении расчетов.

Состав отработавших газов дизеля измерялся при помощи газоанализатора марки «Эксперт МТ про».

Перед началом испытаний было проведено внеплановое техническое обслуживание дизеля, включающее проверку и регулировку топливной аппаратуры в соответствии с требованиями завода изготовителя.

Все измерения проводились не менее двух-трех раз и при заметном расхождении полученных результатов повторялись.

При проведении экспериментальных исследований измерялись расход топлива, температура и химический состав отработавших газов, давление газа в цилиндре дизеля по углу поворота коленчатого вала, а также максимальное давление газа в газовом генераторе и температура газа полученного в генераторе газовой смеси.

На рисунке 2 приведены нагрузочные, а на рисунке 3 винтовые характеристики судового дизеля 6ЧНСП16/22,5 с подачей и без подачи водородосодержащего газа во впускной коллектор.

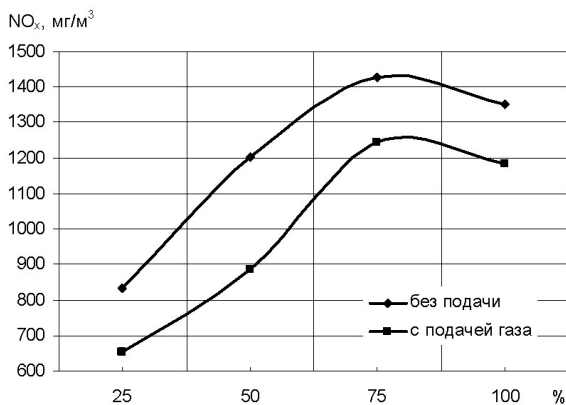


Рисунок 2 – Нагрузочные характеристики дизеля 6ЧНСП16/22,5 при частоте вращения коленчатого вала 750 мин<sup>-1</sup>: 1-дизель в штатной комплектации; 2-при подаче водородосодержащего газа во всасывающий коллектор

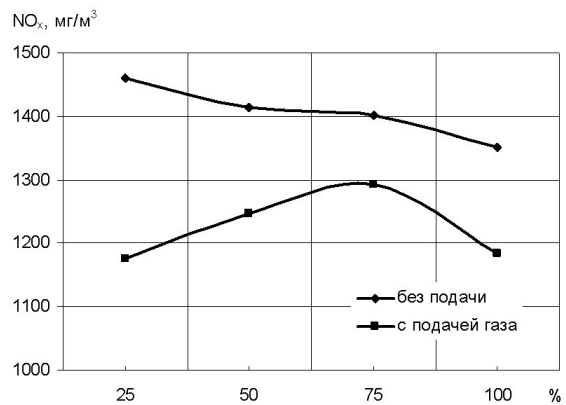


Рисунок 3 – Винтовые характеристики дизеля 6ЧНСП16/22,5: 1-дизель в штатной комплектации; 2-при подаче водородосодержащего газа во всасывающий коллектор

На приведенных на рисунках видно, что дополнительный наддув дизеля водородосодержащим газом позволяет существенно уменьшить концентрацию окислов азота в отработавших газах без внесения значительных изменений в имеющуюся конструкцию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правила ЕЭК ООН № 24, 49, 96.

2 Папонов, В.С. Состояние и перспективы развития тракторного и комбайнового моторостроения / В.С. Папонов // Двигателестроение. -2003. -№4. -С. 6-8.

3 Новиков, Л.А. Основные направления создания малотоксичных транспортных двигателей / Л.А. Новиков // Двигателестроение. -2002. -№2/3. -С. 23-27.

## **ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗА**

Омский государственный университет путей сообщения

**Е.И.Сковородников, В.А. Михеев**

Дана краткая оценка тенденциям развития систем автоматической регистрации параметров работы тепловоза, сложившимся на сегодняшний день в сфере технического обслуживания и ремонта. В качестве основной указывается проблема широкого внедрения комплексных автоматизированных систем контроля и диагностирования оборудования тягового подвижного состава.

Постоянное совершенствование системы технического обслуживания и ремонта (ТОР) способствует выполнению поставленной перед железнодорожным транспортом России задачи: снижение стоимости, повышение качества и безопасности перевозок при увеличении их объемов. В связи с этим одной из основных проблем, требующих первоочередного решения, является проблема широкого внедрения комплексных автоматизированных систем контроля и диагностирования оборудования тягового подвижного состава, обеспечивающих полной и достоверной информацией эксплуатационный и ремонтный штат различных служб и позволяющих повысить экономическую эффективность процессов технической эксплуатации и ремонта на железнодорожном транспорте.

Интенсивное развитие компьютерной техники и основанных на ней современных информационных технологий открывает новые возможности повышения эффективности и надёжности локомотивов в эксплуатации. Так, в Германии разработана система ruDi для контроля и управления парком тягового подвижного состава. Она обеспечивает регистрацию всех эксплуатационных данных, дистанционную техническую диагностику подвижного состава в оперативном режиме и определяет его местонахождение в пределах европейской сети [1].

Аналогичные системы активно разрабатывают практически все зарубежные фирмы-лидеры мирового локомотивостроения. На российских дорогах непрерывный контроль параметров локомотивов в процессе эксплуатации также рассматривается в качестве одного из существенных резервов повышения их эксплуатационной эффективности и надёжности, внедряются системы автоматической регистрации параметров движения и работы тепловоза.

В этом же направлении работают авторы настоящей статьи, уделяя особое внимание разработке современной системы встроенной диагностики, обеспечивающей непрерывный контроль функционирования как локомотива в целом, так и его отдельных агрегатов. Целью исследований является создание такой системы контроля параметров работы тепловоза, которая бы наиболее полно и в то же время с оптимальной информативностью охватывала его в целом.

Для контроля параметров работы тепловозы эксплуатируемых серий оборудованы рядом контрольно-измерительных средств. Например, на тепловозах типа ТЭ10М применяются щитовые электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы [2], используемые для контроля величин тока и напряжения, с классом точности – 0,5. Кроме того, на локомотиве предусмотрены электродистанционные приборы, измеряющие температуру воды и масла в системах дизеля, а также давление в масляной системе. Электродистанционные

измерения осуществляются с помощью логометрических приборов, состоящих из указателей и датчиков. Установленные приборы позволяют контролировать отдельные параметров работы тепловоза: ток и напряжение тягового генератора, температуру и давление воды дизеля, температуру и давление масла дизеля, температуру теплоносителей в системе охлаждения.

Наряду с контрольно-измерительными приборами в кабине машиниста установлено светосигнальное табло. На нем расположены одиннадцать сигнальных ламп, с помощью которых контролируются параметры работы тепловоза: перегрев воды и масла, давление в тормозной магистрали, давление масла дизеля. Для фиксирования боксования колесных пар и срабатывания пожарных датчиков используется звуковой сигнал сирены – зуммера СБ.

На тепловозах ТЭ10М имеются также автоматические приборы, исполняющие функцию защиты оборудования без подачи визуального сигнала на пульт управления. В частности, предусмотрена защита дизеля от недостаточного давления масла в его системе. При давлении масла в конце верхнего коллектора ниже 0,5-0,6 кгс/см<sup>2</sup> контакт РДМ1 реле РДК-3 подает сигнал для остановки дизеля. Защиту тяговых двигателей при возникновении боксования колесных пар обеспечивает комплексное противобоксовочное устройство.

При этом имеется значительная группа параметров работы тепловоза, которые контролируются визуально, на слух и на ощупь.

Таким образом, произведенный выше обзор и опыт эксплуатации тепловозов позволяет сделать вывод о том, что несмотря на многообразие используемых методов и средств контроля, остаются актуальными вопросы разработки новых, более информативных и простых в реализации методов и технических средств диагностики, основанных на последних достижениях измерительной и вычислительной техники.

Разработать систему контроля и диагностирования параметров работы тепловоза это значит: сформировать диагностическую модель, выявить закономерности изменения параметров технического состояния объекта диагностирования, выбрать диагностические параметры, определить характеристики их изменения и связи с параметрами состояния объекта, установить нормативные значения диагностических параметров, определить способы постановки диагноза, выбрать и технико-экономически обосновать соответствующие методы и измерительные средства, определить оптимальный алгоритм диагностирования.

Тепловоз представляет собой сложный объект (рисунок 1), характеризующийся множеством входных, внутренних и выходных параметров [3]. Поэтому при исследовании параметров функционирования тепловоза в качестве информационной модели целесообразно использовать граф-модель, которая представляет собой подробную причинно-следственную модель с учетом всех взаимосвязей между параметрами рассматриваемого объекта.

Задача нахождения оптимального количества параметров для контроля технического состояния сложного объекта является актуальной проблемой. Число параметров, характеризующих техническое состояние тепловоза, очень велико. Контроль всех этих параметров связан с большими затратами времени и средств, которые не всегда оправдываются. Все это диктует необходимость постановки задачи минимизации числа контролируемых параметров, то есть отбора ограниченного числа параметров, с достаточной точностью характеризующих техническое состояние проверяемого объекта.

Для решения этой задачи предлагается использовать графо-аналитическую модель влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на тяговые, экономические и экологические характеристики дизельного подвижного состава.

В качестве исходной топологической модели была проанализирована графо-

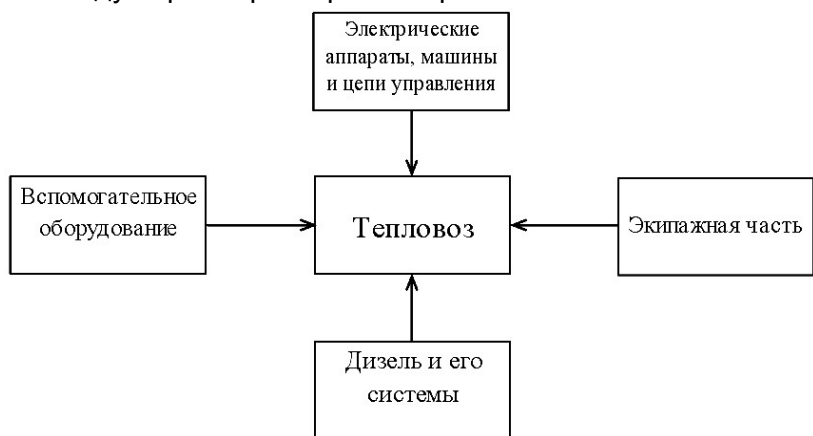


Рисунок 1 – Структурная схема тепловоза

аналитическая модель разработанная сотрудниками кафедры «Локомотивы» ОмГУПСа (рисунок 2). Целью анализа топологической модели является выделение для каждого параметра совокупности функционально зависящих от него параметров и выбор среди них минимального числа диагностических параметров [4].

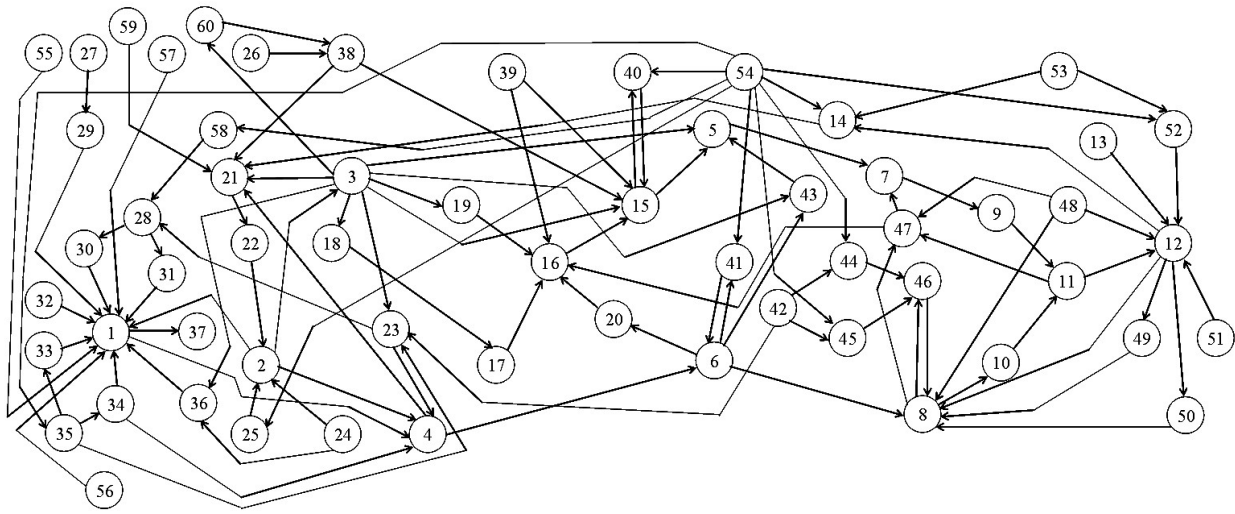


Рисунок 2 – Граф-модель функционирования тепловоза: 1-максимальное давление сгорания; 2-цикловая подача топлива; 3-число оборотов дизеля; 4-крутящий момент дизеля; 5-напряжение главного генератора; 6-ток главного генератора; 7-напряжение на тяговом электродвигателе; 8-ток в тяговом электродвигателе; 9-угловая скорость тягового электродвигателя; 10-крутящий момент тягового электродвигателя; 11-касательная сила тяги; 12-скорость поезда; 13-вес поезда; 14-позиции контроллера; 15-ток возбуждения возбудителя; 16-напряжение возбудителя; 17-напряжение вспомогательного генератора; 18-ток возбуждения вспомогательного генератора; 19-ток первого тахогенератора; 20-ток второго тахогенератора; 21-ход штока сервомотора; 22-ход топливных реек; 23-мощность, потребляемая вспомогательными агрегатами; 24-состояние топливной аппаратуры, 25-температура топлива; 26-состояние масляного тракта; 27-регулировка топливной аппаратуры; 28-производительность наддувочного агрегата; 29-угол опережения впрыска топлива; 30-давление воздуха в ресивере; 31-температура воздуха в ресивере; 32-линейная величина камеры сжатия; 33-температура воды на входе в дизель; 34-температура масла на входе в дизель; 35-производительность холодильника; 36-давление впрыска топлива; 37-температура выхлопных газов; 38-давление масла на входе в дизель; 39-ток в реле заземления; 40-температура обмотки возбуждения возбудителя; 41-температура обмотки возбуждения главного генератора; 42-производительность вентиляторов тягового электродвигателя; 43-качество коммутации главного генератора; 44-напор охлаждающего воздуха в тяговый электродвигатель; 45-температура охлажденного воздуха в тяговом электродвигателе; 46-температура обмоток тягового электродвигателя; 47-наличие боксования; 48-диаметр колеса; 49-коэффициент ослабления поля; 50-качество коммутации тягового электродвигателя; 51-вес локомотива; 52-удельное сопротивление движению поезда; 53-трудность профиля пути; 54-характеристика окружающей среды; 55-температура масла на выходе из дизеля; 56-температура воды на выходе из дизеля; 57-размер 1,2-1,4; 58-состояние воздушных фильтров; 59-давление газов в картере; 60-производительность масляного насоса

В нашем случае вершинами графа являются все параметры системы, а дугами – прямые связи между ними различного характера (функционального, морфологического, информационного). Для включения параметров в наименьшее внешне устойчивое множество (НВУМ) необходимо оценить доступность и информативность всех вершин графа.

В результате исследования принято решение несколько преобразовать топологическую модель (рисунок 2) путем объединения, добавления, исключения ряда вершины и присоединением к полученной граф-модели возможных дефектов с их влиянием на отдельные параметры.

На рисунке 3 представлен фрагмент преобразованной графо-аналитической модели для контроля и прогнозирования изменения тяговых, экономических и экологических параметров подвижного состава.

В результате минимизации граф-модели функционирования тепловоза было выделено

одно из НВУМ, включающее в себя следующие контролируемые параметры: максимальное давление сгорания по цилиндрам дизеля, давление сжатия (компрессии), температуры выхлопных газов после каждого цилиндра дизеля и перед турбиной, температуры воды и масла, напряжение и ток на зажимах главного (тягового) генератора, частота вращения ротора турбокомпрессора, частота вращения коленчатого вала дизеля, ход топливных реек, ход иглы форсунки.

Полученное НВУМ дает конкретное представление о том, какие параметры системы являются самыми важными для контроля и диагностирования тепловоза, но данная методика дает только качественную оценку процессов.

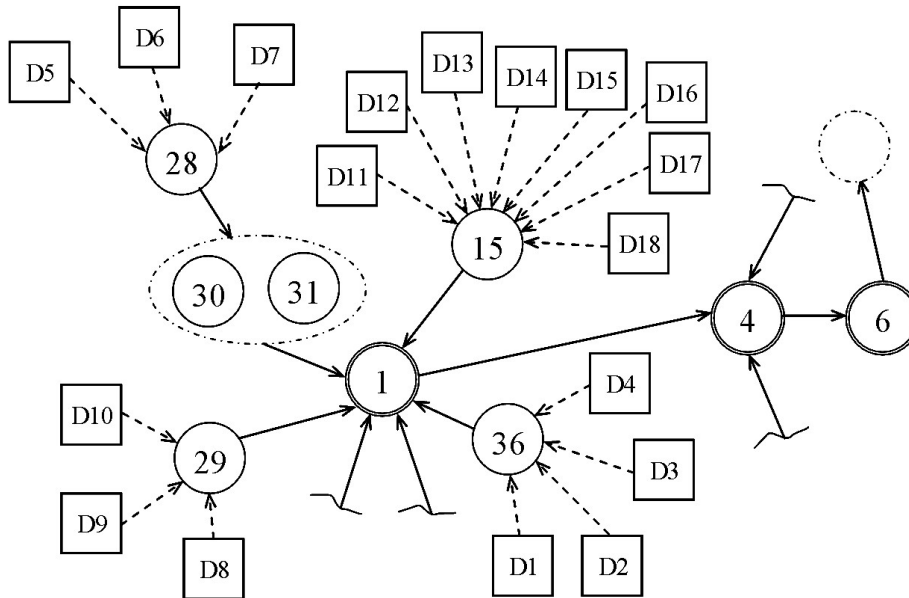


Рисунок 3 – Фрагмент преобразованной граф-модели функционирования тепловоза: 1- максимальное давление сгорания; 4-крутящий момент дизеля; 6-ток тягового генератора; 15-фазы газораспределения; 28-производительность агрегата наддува; 29-угол опережения впрыска топлива; 30-давление воздуха в ресивере; 31-температура воздуха в ресивере; 36-давление впрыска топлива; D1-закоксовывание сопловых отверстий форсунки; D2-ослабление затяжки пружины форсунки; D3-заклинивание иглы; D4-негерметичность по посадочному месту; D5-износ подшипников агрегата наддува; D6-износ и закоксование уплотнений агрегата наддува; D7-изменение профиля лопаток агрегатов наддува; D8-износ деталей привода топливных насосов; D9-износ кулачковых шайб распределительного вала; D10-износ плунжерных пар топливных насосов; D11-увеличение зазоров в механизме привода клапанов; D12-нарушение регулировки сопряжения; D13-нарушение профиля кулачков; D14-износ зубьев шестерен распределительного вала; D15-неправильное зацепление шестерен при монтаже; D16-поворачивание кулачковых шайб на распределительном валу; D17-скручивание распределительного вала; D18-закоксовывание клапанов и окон

Поэтому следующий этап исследования состоит в выборе количественного метода оценки влияния выбранных контролируемых параметров на тяговые, экономические и экологические характеристики тепловоза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дистанционный контроль и управление парком тягового подвижного состава на общеевропейской сети // Железные дороги мира. -2005. -№10. -С. 41-46.
- 2 Тепловозы типа ТЭ10М: способы контроля параметров работы // Локомотив. -2008. - №4. -С. 23-24.
- 3 Методы оценки технического состояния, эксплуатационной экономичности и экологической безопасности дизельных локомотивов: монография / под ред. А.И. Володина. -М.: ООО «Желдориздат», 2007. -264 с.
- 4 Осис, Я.Я. Диагностирование на граф-моделях: На примерах авиационной и автомобильной техники / Я.Я. Осис, Я.А. Гельфандбейн. -М.: Транспорт, 1991. -244 с.

## УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРИБОМОНИТОРИНГА

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**В.Н. Даничкин, А.В. Надежкин**

На основании эксплуатационных данных трибомониторинга цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных дизелей осуществлена оценка влияния различных факторов на содержание продуктов износа в отработанном масле подпоршневых полостей этих двигателей. Результаты представлены в виде обобщенной модели изнашивания деталей ЦПГ. Показаны возможности модели для обеспечения ресурсосберегающей эксплуатации крейцкопфных дизелей.

Отработанное цилиндрическое масло с подпоршневых полостей судовых крейцкопфных малооборотных дизелей (МОД) несет в себе информацию о термодинамических, химических и триботехнических процессах происходящих в цилиндрах. Носителями этой информации являются физико-химические показатели самого отработанного масла, а также содержащиеся в нем продукты изнашивания трущихся сопряжений цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и неполного сгорания топлива [1]. Известно [2], что при работе МОД на тяжелых топливах с высоким содержанием серы главенствующую роль в изнашивании рабочих поверхностей ЦПГ занимает коррозионный износ, обусловленный конденсацией паров серной кислоты на зеркало цилиндрической втулки и поршневую группу. Для нейтрализации кислых продуктов сгорания топлива цилиндрические масла МОД имеют высокий уровень щелочных свойств. Степень срабатывания щелочного числа (ЩЧ) в цилиндре двигателя является важнейшим критерием и наиболее информативным показателем, отражающим интенсивность протекания коррозионного износа деталей ЦПГ. Ориентируясь на этот показатель, обслуживающий персонал в процессе ежедневной эксплуатации МОД способен обеспечить ресурсосберегающую эксплуатацию дизелей, минимизируя кислотную коррозию в цилиндрах МОД и оптимизируя подачу масла на зеркало цилиндрической втулки, тем самым управляя техническим состоянием деталей ЦПГ.

Выделим основные факторы, определяющие остаточное ЩЧ отработанного цилиндрического масла. Это содержание серы в топливе, на котором эксплуатируется дизель, значение ЩЧ свежего масла и количество масла подаваемого на зеркало цилиндра. Первые два фактора являются априори заданными в эксплуатации. Оперировать можно только последним. Однако для этого необходимо знать минимально допустимое значение остаточного ЩЧ цилиндрического масла обеспечивающего ресурсосберегающую эксплуатацию МОД.

В настоящей работе приводятся результаты комплексного исследования показателей отработанного цилиндрического масла подпоршневых полостей и выявленные взаимосвязи остаточного ЩЧ с техническим состоянием ЦПГ МОД.

Для того, чтобы выявить непосредственное влияние срабатывания ЩЧ на износ рабочих поверхностей деталей ЦПГ крейцкопфных дизелей нами была сделана статистическая выборка результатов анализа отработанного масла подпоршневых полостей, удовлетворяющие следующим критериям.

Отбирались результаты только с тех двигателей, цилиндры которых находились в одинаковом техническом состоянии, т.е. имели одну и ту же наработку после моточистки. Моточистка цилиндров крейцкопфных МОД в эксплуатации проходит с различной периодичностью по фактическому состоянию отдельно взятого цилиндра. Разброс по наработке ЦПГ разных цилиндров у одного двигателя порой составляет до 3 тысяч часов. Естественно, что их техническое состояние оказывается неодинаковым. Поэтому для того, чтобы нивелировать влияние данного фактора выборка для одного двигателя исключала попадание цилиндров, имеющих различный ресурс работы.

Кроме того, обязательным условием был анализ износов кепов поршней и поршневых колец. Не допускалось достижение ими своих предельных значений.

В качестве функции отклика, характеризующей интенсивность протекания процессов изнашивания в цилиндре, была выбрана концентрация железа ( $Fe$ ) в пробах отработанного



цилиндрового масла. Содержание железа является индикатором износа цилиндровой втулки, головки поршня и поршневых колец [1].

На рисунках 1 и 2 представлены характерные зависимости изменения концентрации Fe в пробах масла подпоршневых полостей от остаточного ЩЧ отработанных цилиндрических масел. Обращает на себя внимание тот факт, что везде мы имеем явно выраженную критическую точку, которая определяет минимальное значение остаточного ЩЧ. Уменьшение величины данного показателя ниже этого значения приводит к значительному увеличению интенсивности изнашивания. Концентрация Fe возрастает в два и более раза.

Ещё один немаловажный аспект выявили проведенные комплексные исследования. Чем ниже было содержанием серы в топливе, на котором эксплуатировался дизель, тем при более низких значениях остаточного ЩЧ наблюдалась значительная интенсификация процесса изнашивания.

Кроме того, из представленных результатов следует, что в зависимости

от технического состояния, степени конструктивного и технологического совершенствования абсолютное значение содержания Fe в отработанном цилиндрическом масле существенно разнится. Так у главного двигателя т/к «Березово» модели 6ДКРН74/160 ( $N_e = 8530$  кВт,  $n = 140$  мин<sup>-1</sup>) значение этого показателя было выше ориентировочно в 10 раз, чем у главного двигателя т/к «Даугава» модели 6ДКРН45/120 ( $N_e = 4346$ ,  $n = 175$  мин<sup>-1</sup>).

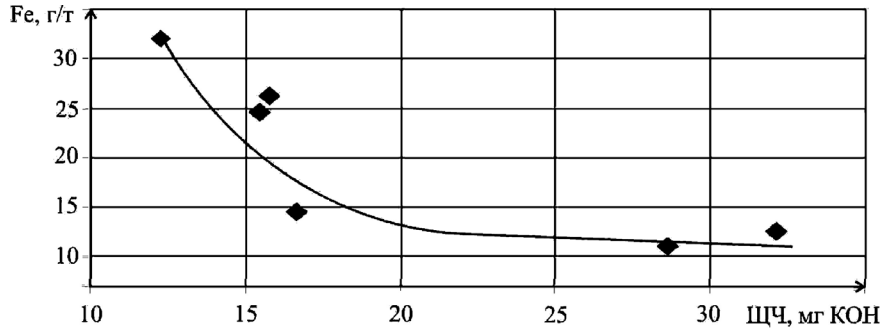


Рисунок 1 – Зависимость концентрации железа от остаточного щелочного числа в отработанном цилиндрическом масле главного двигателя т/к «Даугава»

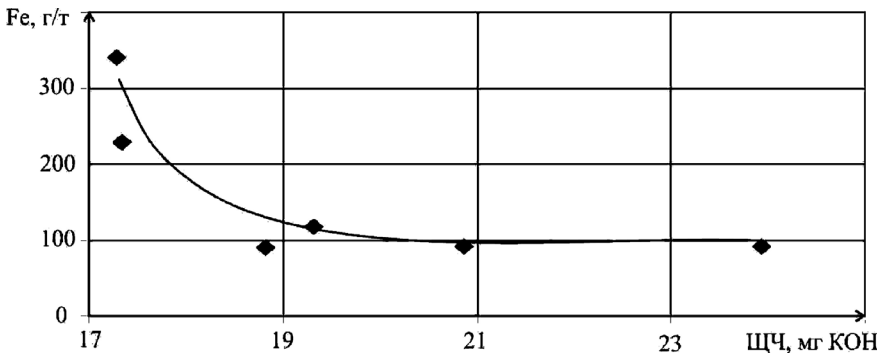


Рисунок 2 – Зависимость концентрации железа от остаточного щелочного числа в отработанном цилиндрическом масле главного двигателя т/к «Березово»

Нами была получена выборка экспериментальных данных, содержащая 46 анализов отработанного цилиндрического масла, удовлетворяющих критериям, описанным ранее. Результаты по каждой пробе масла включали в себя концентрацию Fe г/т, остаточное щелочное число отработанного масла  $ЩЧ_{отр}$  мг КОН/г, щелочное число свежего цилиндрического масла  $ЩЧ_{св}$  КОН/г и содержание

серы в топливе S %, на котором эксплуатировался двигатель. Учитывая отмеченный выше большой разброс абсолютного значения содержания Fe для разных типов дизелей, было выполнена нормировка данного показателя. Для каждого двигателя выбиралась минимальное значение концентрации Fe, после чего для каждого цилиндра этого дизеля определялась относительная концентрация

$$f_i = \frac{Fe_i}{Fe_{min}}$$

Математическая обработка результатов пассивного эксперимента осуществлялась методами множественного регрессионного анализа, в основе которого лежит отыскание коэффициентов уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Для получения статистической модели воспользовались функцию «ЛГРПРИБЛ» программы Microsoft Excel. Были рассчитаны коэффициенты множественной регрессии.

$$f_i = 4,27784 \times 0,9394^{ЩЧ_{опр}} \times 1,053^S \times 1,0032^{ЩЧ_{се}} .$$

Оценка адекватности модели проводилась по значениям коэффициента множественной корреляции и F-статистики [3]. Величина рассчитанного коэффициента множественной корреляции составила  $r^2 = 0,82$ . Сравнение рассчитанного значения F-статистики 62,45 с табличным значением (2,84) при выбранном 5% уровне значимости подтверждает адекватность статистической модели. Проверка коэффициентов уравнения по t-критерию Стьюдента показала, что все коэффициенты значимы.

Проведенные расчеты на основе полученной модели позволили найти критические точки, где интенсивность изнашивания деталей ЦПГ МОД резко возрастает. Они являются функцией от остаточного ЩЧ с учетом применяемых в дизелях топлив и цилиндрических масел. Их диапазон располагается в достаточно узком интервале – от 19,2 до 26,8 мг КОН/г. Нижнее значение этого показателя в каждом конкретном случае должно устанавливаться индивидуально с учетом реальных условий эксплуатации на основе приведенной выше зависимости.

Таким образом, в результате проведенных натурных испытаний с привлечением статистических методов обработки экспериментальных данных установлена связь между концентрацией продуктов износа в отработанном цилиндрическом масле и величиной его остаточного ЩЧ, а также сортов топлив и цилиндрических масел на которых работают двигатели. Применение данной статистической модели в практике эксплуатации судовых дизелей позволяет обеспечить ресурсосберегающее управление работой двигателя, минимизируя кислотную коррозию в цилиндрах МОД и оптимизируя подачу цилиндрического масла на зеркало втулки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Надежкин, А.В. Параметры масла подпоршневых полостей судовых крейцкопфных дизелей как критерий изнашивания и технического состояния деталей ЦПГ / А.В. Надежкин, В.Н. Даничкин // Теория и практика рационального использования горюче-смазочных материалов и рабочих жидкостей в технике: тез. докл. науч.-техн. конф. -Челябинск, 1996. -С. 107.
- 2 Возницкий, И.В. Практика использования морских топлив на судах / И.В. Возницкий. -СПб, 2002. -120 с.
- 3 Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учеб. пособие для вузов / Е.Н. Львовский. -М.: Высш. шк., 1988. -239 с.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМНЫХ ПРИНЦИПОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТРИБОДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**А.В. Надежкин**

Изложены принципы системного подхода к вопросам диагностики судовых дизелей по параметрам их работающих масел. Дано иерархическое представление объектов технического диагностирования с целью обеспечения максимально возможной глубины поиска дефекта на основе данных трибомониторинга. Осуществлена формализация процесса и структуры системы трибодиагностики смазываемых узлов и деталей судовых дизелей.

В международном стандарте по управлению безопасной эксплуатацией судов одним из базовых компонентов обеспечения поставленной цели является подсистема технического обслуживания и ремонта судна и оборудования (подсистема ТО и Р). Важнейшая задача этой подсистемы состоит в создании конкретных мер направленных на обеспечение надежности оборудования или систем. Морской флот РФ ориентирован на регламентную систему ТО и Р по состоянию. Основные принципы её идеологии изложены в РД 31.20.50-87 «Комплексная система ТО и ремонта судов». Мониторинг и диагностика технического состояния судовых механизмов является краеугольным камнем этой идеологии.

Главные и вспомогательные судовые дизеля относятся к наиболее сложным объектам диагностирования. В то же время безопасность эксплуатации судов в первую очередь зави-

сит от надежности их функционирования. Дизель представляет собой сложную динамическую многокомпонентную систему. Как показывает практика эксплуатации контроль и диагностика судовых дизелей по параметрам продуктов износа в работающем масле является одним из наиболее эффективных методов [1]. Информация о концентрации частиц износа в масле и их распределении по размерам позволяет решать задачи распознавания технического состояния объектов технического диагностирования (ОТД). Обширные научные исследования, проведенные во многих странах мира, показали высокую достоверность определения предполагаемых дефектов по анализу работающих масел двигателей [2]. Трибодиагностика и трибомониторинг приобретает все более важное значение для обеспечения долговечной и безопасной эксплуатации судовых дизелей. Проба масла, взятая из работающего двигателя, несет в себе комплексную информацию о работоспособности моторного масла и состоянию его трибосопряжений. Суть метода заключается в том, что при работе механизма в его систему смазки поступают продукты износа, тождественные по химическому составу конструкционным материалам деталей трения, а следовательно, несущие определенную информацию об интенсивности их изнашивания. Определив в смазочном масле концентрацию характерных химических элементов, входящих в состав трущихся сопряжений, можно осуществить оценку степени их износа.

Принятие решение о состоянии ОТД, его работоспособности осуществляется на основе оценки всей совокупности параметров, извлекаемых при анализе пробы масла. Формализованные методы выбора совокупности диагностических параметров предусматривают построение и анализ математических моделей ОТД и моделей его возможных дефектов. Эти модели позволяют в первую очередь установить взаимосвязь между техническим состоянием ОТД, условиями и режимами его работы и совокупностью диагностических параметров. Качество и глубина диагностирования дизелей по этим параметрам во многом определяются полнотой отображения множества состояний ОТД в пространстве диагностических параметров.

Техническое диагностирование выполняется в системе технического диагностирования (СТД), которая представляет собой совокупность средств и объекта диагностирования и осуществляет его по правилам, установленным документацией [3].

Составляющими данной системы являются следующие компоненты.

1 Объект технического диагностирования, техническое состояние которого подлежит определению.

2 Средства технического диагностирования (СрТД) – совокупность измерительных приборов, средств коммутации и сопряжения с ОТД.

Существующие системы СТД дизельных двигателей по принципу взаимодействия ОТД и СрТД подразделяются на системы с тестовым или функциональным диагнозом. Причем последние получили на флоте преимущественное распространение. Метод трибодиагностики, основанный на контроле соприкасающихся сред, а именно измерения физико-химических показателей работающих масел и содержания в них продуктов износа дизелей серьезно отличается от классических схем функционального диагностирования. Здесь контролируемые, т.е. диагностические параметры (ДП) не связаны непосредственно с параметрами, характеризующими выполнение ОТД своих функций, такие как мощность, частота вращения и т.д. Внешние и управляющие воздействия в нашем случае не приводят к резкому и значительному изменению ДП, как это происходит в случае применения функциональных СТД, использующих виброакустические или теплотехнические параметры. Инерционность системы обусловлена закономерностями динамики массодисперсного обмена в смазочных системах судовых дизелей [4]. С другой стороны при трибодиагностике существенно возрастает роль аддитивных и мультипликативных помех, возникающих в ОТД, что обычно не свойственно для классических функциональных СТД.

Для выявления механизма воздействия на процесс диагностирования составляющих СТД используем методологию системного анализа.

СТД судового дизельного двигателя, основанная на контроле параметров работающего масла, является сложным объектом, так как состоит из большого числа функционально самостоятельных элементов – подсистем. Несмотря на их разнообразие общим их признаком является то, что их взаимодействие осуществляется через рабочее тело, коим выступает работающее моторное масло (РММ). Его контролируемые параметры и являются количественной мерой их функциональных свойств.

В общем случае модель судового дизеля может быть представлена совокупностью

структурных параметров в виде вектора технического состояния, заданная в  $n$ -мерном пространстве:

$$S(t) = S_1 i_1 + S_2 i_2 + S_3 i_3 + \dots + S_n i_n,$$

где  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  – орты базиса пространства состояний.

Каждая из подсистем СТД характеризуется совокупностью входных  $Y(t)$  и выходных  $U(t)$  сигналов. Поле сигналов является векторным и в нем заложена информация о техническом состоянии ОТД.

Принципиальным следствием системного подхода к анализу СТД по параметрам работающего масла является возможность её иерархического представления. При построении иерархической структуры используем нисходящий подход [5], когда определенная логическая часть путем операции деления преобразуется в несколько логических частей более низкого уровня иерархии, функционально подчиненных общей цели. Рассмотрим укрупненную схему СТД.

Анализируемый ОТД – судовой дизель находится под воздействием входных (внешних и управляющих) воздействий. Дизель в процессе своей работы генерирует частицы продуктов износа и воздействует на физико-химические показатели РММ, т.е образует вектор выходных сигналов  $U(t)$ . Однако прямое измерение данных ДП не представляется возможным. Та часть моторного масла, которая после непосредственного контакта с деталями трущихся сопряжений дизеля несет в себе информационный потенциал  $U(t)$  не может быть доставлена к СрТД, что обусловлено хорошо известными конструктивными особенностями дизелей. В результате происходит искажение информационного поля ДП, которое теперь описывается вектором  $U^*(t)$ . Прежде всего это вызвано непрерывным воздействием на показатели РММ агрегатов очистки, установленных в смазочных системах судовых дизелей, которые удаляют продукты износа из смазочной системы. Расход масла на угар и периодический долив свежего масла так же оказывает серьезное влияние на изменения поля выходных сигналов. В результате поступающая к СрТД проба масла уже содержит в себе вектор искаженных ДП  $U^*(t)$ . В свою очередь необходимо отметить и наличие обратных связей в этой иерархической структуре. Функционирование дизеля зависит от свойств РММ, также как и эффективность работы средств очистки. В результате процессов старения РММ изменяется интенсивность изнашивания трущихся сопряжений двигателя.

Используя операторное представление процесса диагностирования [3] можно записать, что на выходе ОТД информация о состоянии объекта заложена в выходных сигналах:

$$I(U) = V(S, Y, U, N_2) + N_1;$$

где  $V$  – оператор, характеризующий взаимодействие всех показателей в ОТД;

$N_1, N_2$  – аддитивные и мультипликативные шумы и помехи.

Объем информации, содержащейся в пробе масла  $I^*$  будет представлен как

$$I^*(U^*) = W[I(U)] = W[V(S, Y, U, N_2) + N_1]$$

где  $W$  – оператор характеризующий процесс определения информационных потерь.

После завершения процесса измерения параметров СрТД, заключенных в отобранной пробе РММ формируется информационное поле наших представлений о состоянии ОТД

$$I(S^*) = B[I^*(U^*)] = B\{W[V(S, Y, U, N_2) + N_1]\},$$

где  $B$  – оператор определения параметров ОТД на основе полученной информации.

Тогда операция диагностирования может быть представлена, как операция сравнения информации о текущем состоянии с информацией поля допусков:

$$I^*(S^*) = L \frac{I(S^*)}{I(S_0)} = L \frac{B\{W[V(S, Y, U, N_2) + N_1]\}}{I(S_0)},$$

где  $I(S_0)$  – информация о поле допусков параметров.

Таким образом операторное представление процесса технического диагностирования с применением методологии системного анализа позволило:

- формализовать процесс и структуру в целом СТД по параметрам работающего масла;
- в каждом конкретном случае определить оператор преобразования информации.

Теперь построение частных математических моделей операторов преобразования позволит реализовать процесс технического диагностирования судового дизеля по параметрам РММ с высокой степенью достоверности [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Дроздов, Ю.Н. Нелинейная динамика износа и частицы износа / Ю.Н. Дроздов // Вест. машиностроения. -2003. -№10. -С. 34–40.

2 Степанов, В.А. Диагностика технического состояния узлов трансмиссии газотурбинных двигателей по параметрам продуктов износа в масле / В.А. Степанов. -Рыбинск: ЦИАМ. -2002. -232 с.

3 Глушченко, П.В. Техническая диагностика. Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов / П.В. Глушченко. -М.: Вузовская кн., 2004. -248 с.

4 Безвербный, А.В. Имитационная диагностическая модель кинетики накопления в системе смазки судового дизеля частиц продуктов износа / А.В. Безвербный, А.В. Надежкин // Трансп. дело России. -СПб, 2006. -№5. -С. 111–121.

5 Воронин, В.В. Теоретические проблемы диагностических экспертных систем / В.В. Воронин. -Владивосток: Дальнаука, 2005. -165 с.

## **АНАЛИЗ ДИСПЕРСНОСТИ ПРОДУКТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ДОЛИВАХ В СИСТЕМУ СМАЗКИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**И.В. Соколова**

Рассматривается влияние периодического долива свежего масла на дисперсность частиц загрязнений в системе смазки судового дизеля. Методом планирования эксперимента были получены многофакторные регрессионные зависимости, описывающие изменение дисперсности нерастворимой фазы загрязнений при доливе. На основании полученных результатов даны научно-практические рекомендации по регулированию массообмена в смазочных системах дизелей.

Одной из весомых составляющих в затратах, связанных с технической эксплуатацией судовых дизелей является расходы на смазочные материалы. Для снижения этой статьи эксплуатационных затрат в настоящее время на морском и рыбодобывающем флоте практически повсеместно смена моторных масел осуществляется по фактическому состоянию. На основании сопоставления результатов лабораторного анализа основных физико-химических характеристик моторного масла с комплексом браковочных показателей технический менеджмент судоходной компании принимает решение о возможности дальнейшей работы масла в системе смазки дизеля. Отсюда в процессе эксплуатации дизелей мы сталкиваемся с интенсивным массообменом в системе их смазки. Расход масла на угар компенсируется доливом свежего моторного масла. Количество доливов в системах смазки судовых среднеоборотных дизелей может достигать нескольких сотен случаев.

Многочисленные исследования указывают на неоднозначную оценку влияния долива свежего моторного масла на надежность его работы в системе смазки дизеля [1, 2]. С одной стороны отмечается очевидный положительный эффект, связанный с «освежением» работающего масла. Прежде всего он заключается в увеличении концентрации активных компонентов многофункциональных присадок в работающем масле что, как следствие, вызывает торможение процесса его старения и увеличения срока службы. С другой указывается негативное влияние долива свежего масла, особенно в количествах превышающих 10-15% от его объема в системе смазки. Отмечается потеря дисперсной устойчивости нерастворимой фазы загрязнений, сопровождающееся увеличением доли крупнодисперсных частиц продуктов загрязнения моторного масла. Нарушение устойчивости дисперсной фазы загрязнений при этом может вызвать не только интенсивное нагаро- и лакообразование, но способствует увеличению скорости изнашивания подшипников и деталей ЦПГ. При этом срок службы полнопоточных ФЭ сокращается в несколько раз, а ротор центробежного очистителя необходимо будет чистить через 50-100 ч работы дизеля.

Целью настоящей работы является исследование влияния периодического долива свежего масла на коллоидную стабильность дисперсной фазы загрязнений в системе смазки судового дизеля.

Практика эксплуатации судовых дизелей показывает, что долив моторного масла в систему смазки является периодическим, а не непрерывным. Периодичность и объем долива являются случайными функциями, определяемыми человеческим фактором.

По результатам обработки годовых наблюдений за эксплуатацией восьми главных двигателей 6ЧН40/46 танкеров ОАО «Приморское морское пароходство» нами построена гистограмма долива масла (рисунок 1). Из этих данных следует, что наибольшее число случаев долива приходится на диапазон объемов  $V_t = 5-15\%$  от среднестатистического количества масла в системе смазки дизеля  $V_c$ . Максимально зафиксированный объем доливаемого масла достигал 62%.

Полученное экспериментальное распределение частоты доливов от объема доливаемого масла аппроксимировано распределением Вейбулла.

$$f(x) = \frac{\alpha x_t^{\alpha-1}}{b^\alpha \exp\left(-\left(x_t/b\right)^\alpha\right)}, \quad (1)$$

где  $x_t = V_t/V_c$  – относительный объем доливаемого масла;

- $b$  – параметр масштаба распределения;
- $\alpha$  – параметр формы распределения.

В нашем случае параметры распределения приняли следующие значения:  $\alpha = 12,8667$ ;  $b = 1,1425$ , что по тесту Колмагорова-Смирнова свидетельствует о хорошей сходимости результатов аппроксимации с экспериментальными данными.

Проведенные лабораторные исследования и моторные испытания позволили выявить основные закономерности изменения дисперсности нерастворимой фазы загрязнений работающего моторного масла при доливе свежего в систему смазки дизеля. Количественно изменение дисперсности продуктов загрязнения оценивали через среднее значение площади  $m_s$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma_s$  частиц нерастворимой дисперсной фазы. С учетом имеющейся априорной информации были выделены основные факторы, оказывающие влияние на изменение коллоидной структуры при смешении работающего и свежего моторного масла. В их число вошли объем доливаемого масла  $V_t$ , степень сработанности присадок у работающего масла (показатель  $\Pi$ ), а так же исходное значение моющее-диспергирующего потенциала у свежего масла  $M_{oc}$ . Методом планирования эксперимента были получены многофакторные регрессионные зависимости, описывающие изменение дисперсности нерастворимой фазы загрязнений работающего моторного масла при доливе свежего в систему смазки дизеля:

$$m_s = \frac{0,406164 \times 0,999254^{x_3} \times x_2^{0,309185}}{x_1^{0,134627}}, \quad (2)$$

$$\sigma_s = \frac{250,20927071473122 \times 1,0056123924443097^{x_3}}{x_1^{0,10319432739559935} \times x_2^{1,2385560512474967}}. \quad (3)$$

Адекватность уравнений регрессий (2), (3) оценивалась по критерию F-статистики, подтвердившим хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных.

На рисунках 2 и 3 представлено изменение величин  $m_s$  и  $\sigma_s$  в зависимости от указанных выше эксплуатационных факторов. Как следует из представленных данных долив масла не вызывает существенного изменения среднего размера частиц загрязнений, но оказывает серьезное влияние на форму функции распределения частиц загрязнений по размерам, так как значительно возрастает параметр  $\sigma_s$ .

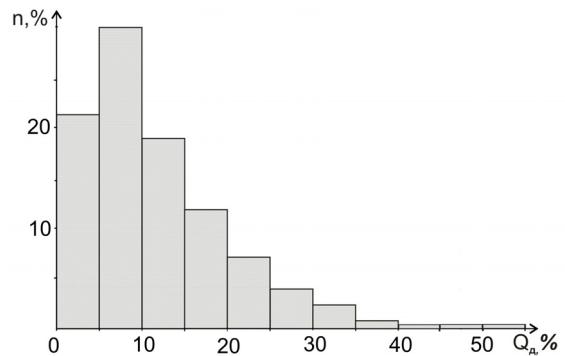


Рисунок 1 – Гистограмма долива масла по судам серии «Партизанск»

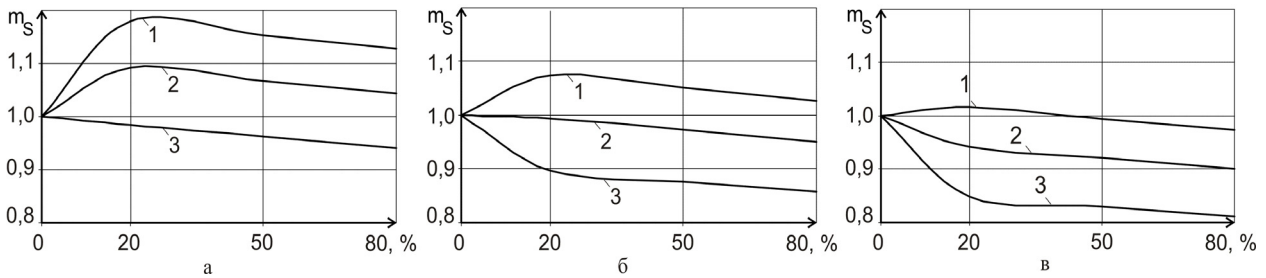


Рисунок 2 – Относительное изменение площади частиц твердой фазы работающего масла от объема долива при срабатывании щелочной присадки на: 1-10%; 2-30%; 3-50 %. (исходное щелочное число работающего масла, мг KOH/г: а)-10; б)-20; в)-30)

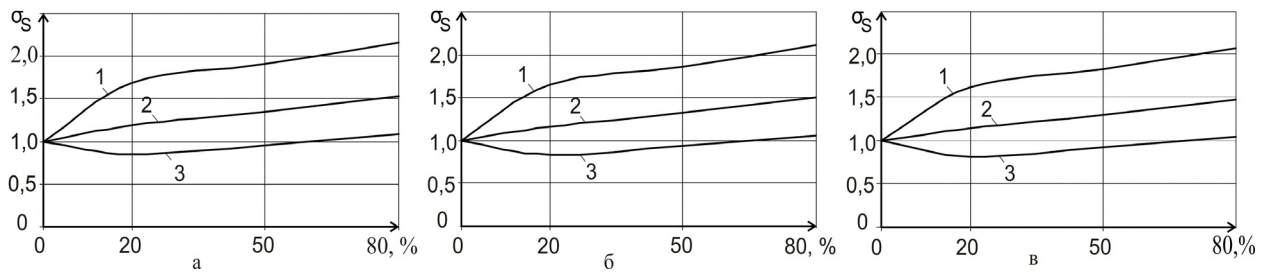


Рисунок 3 – Относительное изменение среднеквадратичного отклонения площади частиц твердой фазы работающего масла от объема долива при срабатывании щелочной присадки на: 1-10%; 2-30%; 3-50 %. (исходное щелочное число работающего масла, мг KOH/г: а)-10; б)-20; в)-30)

На рисунке 4 представлены две кривые относительной плотности распределения частиц загрязнений по размерам в работающем масле до и после долива в систему смазки дизеля построенные по результатам экспериментальных данных. Рассматривается случай, когда щелочное число работающего масла уменьшилось вдвое, а долив свежего составил 50%. Нетрудно заметить, что произошла перестройка коллоидной структуры дисперсной фазы загрязняющих примесей. С одной стороны после долива выросла доля мелкодисперсных частиц. Мода распределения сместилась с 0,5 до 0,3 мкм<sup>2</sup>. С другой выросло  $\sigma_s$ , а это в свою очередь привело к росту количества крупнодисперсных частиц в «хвостовой» части распределения. Можно отметить, что частиц, например размером 5 мкм<sup>2</sup>, после долива стало в 31,4 раза больше. Полученные нами результаты хорошо согласуются с данными работы [2].

При работе дизеля рост грубодисперсной составляющей продуктов загрязнения моторного масла приводит к тому, что резко интенсифицируется процесс образования отложений на деталях дизеля. В результате происходит пригорание поршневых колец, забиваются дренажные отверстия углеродистыми отложениями, что в свою очередь приводит к интенсивному износу узлов двигателя, росту угара моторного масла. Нельзя не отметить и существенное возрастание грязевой нагрузки на агрегаты очистки, что значительно сокращает срок их службы. Отсюда следует, что долив большого количества свежего масла в систему смазки дизеля является нежелательным по отмеченным выше причинам, особенно в случае значительного срабатывания моющее-диспергирующих присадок, а именно это характерно для долгорботающих судовых масел. Оптимальным является, как показывают наши исследования для рассматриваемого случая, одноразовый долив в объеме не превышающем 3-5 % от объема масла в системе.

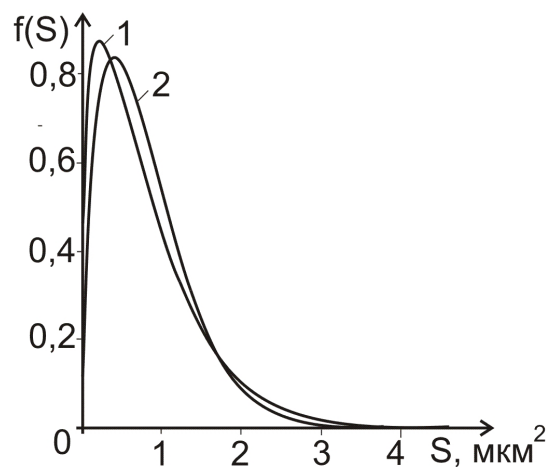


Рисунок 4 – Эмпирическая плотность распределения доли частиц продуктов загрязнения по размерам: 1-после долива масла, 2-перед доливом масла

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Соколова, И.В. Оценка влияния массообмена на дисперсность работающего моторного масла судовых дизелей / И.В. Соколова, А.В. Надежкин // Науч. обозрение. -2008. -№1. -С. 59–63

2 Певзнер, Л.А. Совместимость свежих и работающих масел в смазочных системах судовых двигателей / Л.А. Певзнер, В.М. Пашукова, С.Г. Ткачева // Двигателестроение. -1989. -№6. -С. 33–35.

## **ТОНКАЯ ОЧИСТКА МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ КОМБИНИРОВАННЫМ ФИЛЬТРОВАНИЕМ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**Н.Н. Таращан, А.В. Голенищев**

Изложены результаты исследований по повышению эффективности тонкой очистки моторного масла в ДВС комбинированным фильтрованием. Приводятся схемы включения комбинированных фильтрующих элементов и фильтров в смазочную систему дизеля. Показываются преимущества и перспективы использования в судовых дизелях для очистки моторного масла комбинированным фильтрованием.

Улучшение качества очистки масла при полнопоточном фильтровании за счет уменьшения тонкости и увеличения полноты отсева вступает в противоречие с гидравлическим сопротивлением фильтра, что снижает надежность защиты пар трения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) от попадания крупных абразивных частиц. В этом случае при пуске и работе двигателя на холодном масле предохранительный клапан фильтра тонкой очистки масла, полнопоточного (ФТОМп) открывается чаще и на более продолжительное время, в результате чего долговечность подшипниковых узлов ДВС уменьшается. Кроме того, снижение показателя тонкости отсева сокращает срок службы фильтрующих элементов (ФЭ) и увеличивает эксплуатационные расходы на маслоочистку.

Цель проводимых нами исследований, основные результаты которых излагаются в данной статье, предусматривает разработку новых принципов очистки масла в ДВС комбинированным фильтрованием с обеспечением полной защиты пар трения от попадания крупных частиц механических примесей и поддержанием на низком безопасном уровне загрязнения масла нерастворимыми продуктами. Предложенные методы очистки масла состоят в использовании в системе смазки двух и более фильтрующих перегородок с придачей каждой из них специфических свойств, характеристик, режимов работы и разграничении их функций.

Очистка предусматривает использование комбинированных систем, фильтров и элементов. В системах комбинированию подлежат агрегаты очистки, в фильтрах – элементы, в элементах – фильтрующие перегородки. Возможно двойное комбинирование. Разные ФЭ могут устанавливаться в отдельных очистителях, совмещаться в одном агрегате и быть составными (комбинированными).

Шторы, элементы, фильтры при комбинированной очистке масла находятся в сложной гидравлической связи между собой и с системой смазки. Принципиально важен способ подключения их к системе смазки: полнопоточно, т.е. с фильтрованием всего потока масла, поступающего в распределитель и далее в пары трения; частичнопоточно – с очисткой части масла и сбросом в картер или присоединением к основному потоку. Возможна частично – полнопоточная (комбинированная) схема очистки.

На рисунке 1 показаны способы подключения фильтров (ФЭ и их штор) к системе смазки двигателя. Для ограничения потока масла через частичнопоточные фильтры, элементы (шторы) предусмотрен дроссель. Регулировочный клапан (рисунок 1в) автоматически вводит в процесс фильтрования вспомогательный элемент при тяжелых (критических) режимах работы основного.

Разработка фильтрующих элементов для комбинированной тонкой очистки масла в дизелях базировалась на изобретениях [1-4]. Для дизелей мощностью 20-4000 кВт предложено пять типоразмеров элементов емкостью 0,6-10,2 дм<sup>3</sup>.



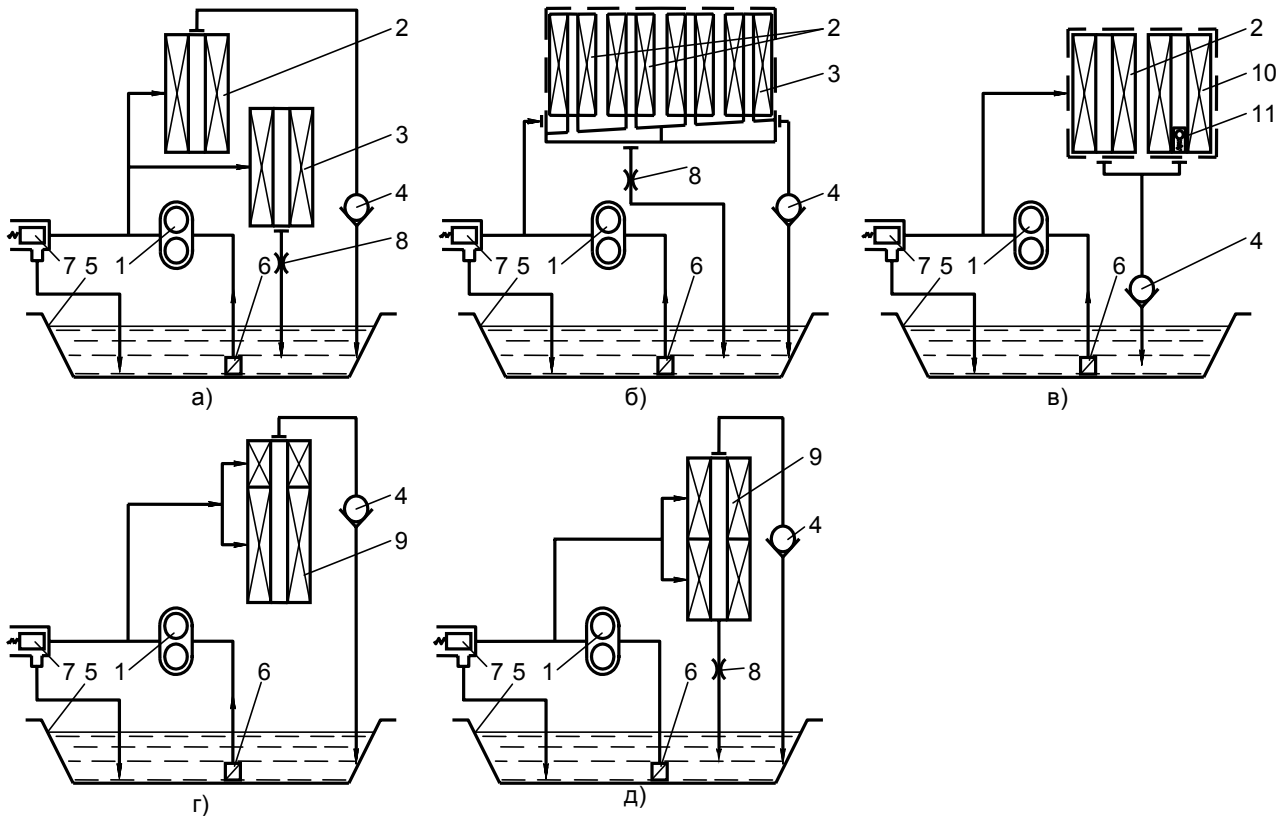


Рисунок 1 – Схемы включения очистителей в систему смазки двигателя при комбинированном фильтровании масла: а)-комбинированная система очистки масла с ЭП и ЭЧ; б,в)-системы очистки с комбинированными фильтрами; г,д)-системы с ЭПК и ЭК; 1-масляный насос; 2-ЭП; 3-ЭЧ; 4-главная магистраль; 5-картер двигателя; 6-маслоприемник; 7-перепускной клапан; 8-дрессель; 9-комбинированный фильтрующий элемент; 10-вспомогательный фильтрующий элемент; 11-регулирующий клапан

При создании типоразмерного ряда масляных сменных фильтрующих элементов использовался ГОСТ 22858–97. Для комбинированной очистки масла рекомендуются элементы полнопоточные (ЭП), частичнопоточные (ЭЧ) и комбинированные (ЭПК, ЭК). ЭПК (элемент полнопоточный, комбинированный) [1, 2] работает в системе смазки по схеме (рисунок 1г). Частично-полнопоточная очистка масла ЭК [3] осуществляется по схеме (рисунок 1д).

Эффективность ЭПК подробно изложена в работе [5]. При их применении происходит саморегулирование потоков масла через шторы с разной поровой структурой, что в конечном итоге улучшает очистку масла от нерастворимых в бензине (НРБ) продуктов и гидравлику ЭПК. Однако более полно возможности мелкопористого материала могут быть реализованы только в элементах, которые к системе смазки подключаются байпасом.

Типоразмеры и основные параметры ФМК (фильтров масляных комбинированных), разработанных для дизелей мощностью свыше 100 кВт, приведены в работе [5]. В системе смазки фильтры подключаются по схеме (рисунок 1б). В ФМК-2/1 – 2ФМК-12/8 используются фильтрующие элементы типа ЭП-6,4 и ЭЧ-6,4 в количестве 2-12. Полный поток обрабатывает один-восемь элементов. Прокачка масла через них может составлять 7,5-60 м<sup>3</sup>/ч.

Регулирование (ограничение) потока масла через ЭЧ осуществляется для условий достижения ими максимальной грязеемкости. Начальная пропускная способность ЭЧ-6,4 устанавливается 0,1-1,0 м<sup>3</sup>/ч. Нижний предел соответствует применению объемного материала ОФМ-5, верхний – поверхностного НКФМ-20. Соотношение между числом ЭЧ и ЭП в комбинированных маслоочистителях составляет 1:2, 1:1 и 2:1, что позволяет удовлетворить потребности систем смазки ДВС с любыми характеристиками масла и параметрами его старения.

При удельной скорости загрязнения масла НРБ продуктами ниже 0,02 и выше 0,05 г/(кВт·ч) используются комбинированные фильтры соответственно с заниженным и завышенным числом ЭЧ. В диапазоне скоростей 0,03-0,04 г/(кВт·ч) число ЭЧ и ЭП в ФМК оди-

наково. Окончательно типоразмер фильтра выбирается исходя из характеристик дизеля, системы смазки и применяемых масел по результатам расчета поверхности полнопоточной фильтрации.

Моторная проверка эффективности комбинированного фильтрования масла осуществлялась в судовых форсированных среднеоборотных двигателях 5ВАН22 (5СН22/32;  $P_e = 220$  кВт;  $n = 8,3$  с<sup>-1</sup>;  $p_{me} = 0,87$  МПа), 5А25 (5СН25/30;  $P_e = 430$  кВт;  $n = 12,5$  с<sup>-1</sup>;  $p_{me} = 0,94$  МПа) фирмы «Зульцер». Эксперимент проводился также в дизелях 5Т23НН и 8Т23НН (5СН22,5/30 и 8СН22,5/30;  $P_e = 460$  и  $735$  кВт;  $n = 12,5$  с<sup>-1</sup>;  $p_{me} = 1,23$  МПа) с повышенным наддувом фирмы «Бурмейстер и Вайн».

Двигатели работали на дизельном Л-0,5 (ГОСТ 305–82) и моторном ДТ (ГОСТ 1667–68) топливах. Содержание серы в них соответствовало 0,32–0,47 и 0,96–1,12%. В системе смазки использовались отечественные М10В<sub>2</sub>, М10Г<sub>2</sub>(ЦС) (ГОСТ 12237–84) и зарубежное Мобилгард-312 моторные масла. Начальная щелочность их находилась в пределах 5,2–12,1 мг КОН/г масла. Ей соответствовала сульфатная зольность 0,62–1,6 %.

Подбор ДВС для испытаний осуществлялся таким образом, чтобы можно было сопоставить эффективность комбинированных фильтров с показателями лучших современных маслоочистителей, являющихся штатными в системах смазки рассматриваемых двигателей. Сравнение осуществлялось с полнопоточным самоочищающимся фильтром (СОФ) S-6 Скаматик (размер щелей 30 мкм), ФТО СJS типа HDU38/100 (тонкость отсева 2 мкм), работающим совместно с фильтром грубой очистки (ФГО) пластинчато-щелевого типа (толщина промежуточных пластин – 0,1 мм).

Представляет интерес сравнение ФМП и ФМК в условиях использования масла со средними и высокими диспергирующими свойствами при повышенной скорости его загрязнения нерастворимыми продуктами. В маслоочистителях ФМП-2 и ФМП-4 применялись фильтрующие элементы «Нарва-6-4». ЭК заряжались элементами ЭП-6,4-4 и ЭЧ-6,4-1 [5] из материала БМ-40 и БМ-15, выпускаемые ООО «Приско-Экофил».

Судовой эксперимент проводился по методике, изложенной в работе [5], основные результаты которого приведены в таблице. Параметры качества масла и коэффициент очистки указаны к моменту отработки маслом 2000 ч. Показатели по износу и нагаро- и лакообразованию определены за 4000 ч работы дизелей.

Анализ состояния масла при включении в систему смазки ФТОМп, штатных и комбинированных фильтров показал более глубокую его очистку агрегатами ФМК. Концентрация НРБ продуктов (ГОСТ 20684-95) как общих, так и зольных во всех случаях, кроме варианта с HDU 38/100, при использовании комбинированных фильтров была в 1,23–1,78 раза ниже, чем при применении штатных и ФТОМп. Максимальный уровень накопления нерастворимых примесей в масле дизеля 8Т23НН при штатной и опытной системах очистки примерно одинаков.

Наибольший эффект в снижении общего загрязнения при комбинированном фильтровании масла получен в дизеле 5ВАН22 при работе на масле М10В<sub>2</sub> со средними моюще-диспергирующими свойствами за счет усиления роли частичнопоточного режима очистки путем использования фильтра ФМК-3/1 с двумя ЭЧ. По зольным нерастворимым продуктам аналогичный результат достигнут при применении масла М10Г<sub>2</sub>(ЦС) и топлива ДТ.

Интенсивность очистки масла ФМК во всех дизелях за исключением 8Т23НН, где штатным является фильтр сверхтонкой очистки, самая высокая. У комбинированных маслоочистителей этот показатель выше в 3,6–6,0 по сравнению с ФТОМп и в 10,9–12,5 раза по сравнению с S-6 Скаматик. СОФ плохо задерживает мелкодиспергированные частицы нерастворимых примесей. Интенсивность очистки масла от НРБ продуктов фильтром S-6 Скаматик самая низкая. По этому показателю ФМК-6/3 уступает HDU38/100. Наибольшее снижение концентрации зольных нерастворимых примесей в масле наблюдалось после перехода с самоочищающегося на комбинированный фильтр.

Сравнение коэффициентов очистки подтверждает следующую расстановку фильтров по интенсивности удаления из масла нерастворимых продуктов: HDU-ФМК-ФМП-Скаматик. Значения их сильно зависят от моюще-диспергирующих и стабилизирующих свойств масла. За 2000 ч фильтрования масла М10В<sub>2</sub> коэффициент очистки ФМК-3/1 повышается до 60%. При очистке комбинированным фильтром масел с лучшими детергентами этот показатель для общих и зольных НРБ находится на уровне 12,3–24,6 и 21,1–45,5%. Использование штатных очистителей и ФМП дает результат 1,5–33,2 %.

## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Таблица – Моторная эффективность очистки масла комбинированным фильтрованием

Показатели	Типы дизелей и маслоочистителей							
	5ВАН22		5А25		5Т23НН		8Т23НН	
	ФМП-2	ФМК-3/1	ФМП-4	ФМК-6/3	Скама- тик S-6	ФМК-4/2	ФТО НДУ38/1 00	ФМК-6/3
Концентрация в масле НРБ продуктов, %:								
– общих	1,2	0,8	1,5	1,1	1,2	0,9	1,2	1,3
– зольных	0,23	0,14	0,24	0,17	0,32	0,18	0,22	0,24
Интенсивность очистки масла от НРБ продуктов, г/ч:								
– общих	29	175	40	212	12	149	204	123
– зольных	53	203	101	374	29	316	377	234
Периодичность обслуживания маслоочистителей, ч	686	519	753	884	500	1133	3000	1543
Трудоемкость обслуживания системы очистки, чел.·ч/10 <sup>3</sup> ч	0,4-0,5	0,8-1,0	0,8-1,0	0,9-1,2	2,0-3,0	0,4-0,6	3,0-4,0	0,5-0,8
Скорость изнашивания поршневых колец, г/10 <sup>3</sup> ч	4,1	2,8	6,2	3,5	4,9	2,9	3,1	3,6
Скорость изнашивания цилиндровых втулок, мкм/10 <sup>3</sup> ч	6,4	4,6	8,6	5,7	7,9	4,5	8,2	8,5
Скорость изнашивания вкладышей подшипников, мкм/10 <sup>3</sup> ч	7,8	6,1	12,9	6,6	8,3	7,7	11,5	7,8
Нагаро- и лакообразование на поршнях, балл	6,9	4,5	5,3	4,8	5,1	4,3	3,2	3,6
Применяемые топлива и масла	Л-0,5 М10В <sub>2</sub>		Л-0,5 Мобил-гард-312		Л-0,5 М10Г <sub>2</sub> (ЦС)		ДТ Мобил-гард-312	

Срок службы фильтрующих элементов в полнопоточных и комбинированных маслоочистителях примерно одинаков и в среднем составлял 519-1543 ч. Фильтрация масла в ФМК ЭЧ с более высокими скоростями не привела к значительному снижению срока их службы вследствие перераспределения части «грязевой» нагрузки на ЭЧ. Последние менялись одновременно с ЭП-6,4-4.

Трудоемкость обслуживания ФПК несколько выше, чем ФМП. Испытания показали, что обслуживание фильтров со сменными фильтрующими элементами в дизелях мощностью до 1000 кВт по сравнению с самоочищающимися менее трудоемко – в 3,3-7,5 раза. Затраты на обслуживание систем очистки, включающих ФГО пластинчато-целелевого типа со скребками и ЭЧ большой емкости, такие же, как и для СОФ.

Сравнение скоростей изнашивания деталей ДВС с разными системами маслоочистки показало преимущество ЭК. Наибольшее снижение износа деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) от использования ФМК зафиксировано в дизеле 5Т23НН, наименьшее – в 5ВАН22. В среднем, за исключением данных по объекту 8Т23НН, оно составляло 30,5-42,0 %. Уменьшение интенсивности изнашивания деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) выражалось в меньшей степени – в 1,10-1,65 раза.

Анализ результатов эксперимента показал, что снижение уровня загрязнения масла общими и зольными НРБ продуктами в значительной мере сказывается на износе поршневых колец и цилиндровых втулок. Проникновение в пары трения ДВС большого числа крупных частиц механических примесей оказывает влияние в первую очередь на долговечность коленчатого вала и его подшипников. Доказательством служит сопоставление качества очистки масла и износов в дизелях типа ЧН22,5/30.

Фильтр S-6 Скаматик полностью защищает пары трения двигателя 5Т23НН от попадания частиц диаметром более 30 мкм НДУ380/100 качественно очищает масло от мелкодиспергированных нерастворимых примесей. Эффект от использования комбинированного

фильтра, сочетающего оба достоинства, существенно проявляется в снижении износа деталей ЦПГ и КШМ в сравнении соответственно с СОФ и фильтром СJS.

В дальнейшем комбинированное фильтрование масла в ДВС будет совершенствоваться в основном за счет улучшения характеристик фильтрующих элементов. Многие направления повышения эффективности комбинированной очистки могут реализовываться не только путем совершенствования элементов, но и конструкции фильтров и систем очистки. Будущее за комплексным повышением эффективности очистки масла в ДВС комбинированным фильтрованием.

Анализ результатов моторных испытаний комбинированных фильтров показал рациональность более глубокой очистки масла от мелкодисперсной абразивной фазы зольных нерастворимых загрязнений. Это особенно важно при использовании в форсированных ДВС моторного и тяжелого топлив, масел М10Г<sub>2</sub>(ЦС) и Мобилгард-312. Наиболее полно очищают масло от этих продуктов ЭЧ. Износ деталей двигателей при комбинированной очистке масла М10В<sub>2</sub> по сравнению с ФТОМп снижается менее заметно. Однако при этом, как видно по двигателю 5ВАН22, более чем в полтора раза уменьшается нагаро- и лакообразование на поршнях.

Перспективные пути улучшения показателей эффективности ЭК показаны на рисунке 2. Они состоят в оптимизации характеристик материалов, элементов и саморегулирования процесса фильтрования с учетом начальных свойств и кинетики старения моторного масла. При этом принимаются во внимание режимы и условия использования масла, параметры системы смазки и двигателя. Конструктивное совершенствование элементов предусматривает унификацию их с тем, чтобы они были универсальны и удовлетворительно функционировали в ДВС разного назначения как при использовании минеральных, так и синтетических масел.



Рисунок 2 – Пути улучшения основных характеристик ЭК тонкой очистки масла в ДВС

Из рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

1 Комбинированное фильтрование масла по частично- и полнопоточной схеме надежно защищает пары трения ДВС от попадания опасных частиц примесей и поддерживает загрязнение масла нерастворимыми продуктами на низком уровне. В результате при работе на высокосольных топливах и маслах по сравнению с очисткой ФТОМп скорость изнашивания форсированных дизелей снижается в 1,2-1,8 раза.

2 Очистка масла комбинированным фильтрованием особенно перспективна в дизелях с повышенным наддувом, работающих на моторных и тяжелых топливах, маслах групп Г<sub>2</sub> и Д<sub>2</sub> при низких (0,2-0,3 МПа) давлениях в системе смазки. Использование ее рационально также в ДВС, эксплуатируемых с большой долей перегрузок и неустановившихся режимов, когда поступление в масло продуктов неполного сгорания топлива велико.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 А.с. 633556. Фильтрующий элемент / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов, В.А. Яценков (СССР) // Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки. -1978. -№43. -С. 14.

2 А.с. 647002. Комбинированный фильтрующий элемент / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов, В.А. Яценков (СССР) // Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки. -1979. -№6. -С. 16-17.

3 А.с. 762924. Комбинированный фильтрующий элемент / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов (СССР) // Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки. -1980. -№34. -С. 40.

4 А.с. 808100. Фильтрующий элемент / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов (СССР) // Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки. -1981. -№8. -С. 12.

5 Кича, Г.П. Комбинированная очистка моторного масла в судовых тронковых дизелях: новые принципы и схемы очистки, результаты испытаний / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Голенищев // Исследования по вопросам повышения эффективности судостроения и судоремонта / ДВГТУ. -Владивосток, 2008. -Вып. 48. -С. 26-35.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ПРУЖИНЫ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

М.К. Романченко

Свойства упругого элемента определяются его жесткостью, вязкостью, инерционностью, податливостью. В данной работе предлагается рассмотреть податливость пружины.

Податливость одного витка пружины (рисунок 1) с небольшим, относительно диаметра витка шагом определится из условия равенства нулю угла поворота концевых сечений. Это возможно если приложить в указанных сечениях момент, противодействующий повороту от изгиба.

В сечениях проволоки нет изгибающих моментов, поскольку подъем винтовой линии постоянный для любой деформации и выполняется закон Гука.

Уравнение потенциальной энергии, работы крутящего момента и работы сдвигающей силы имеет вид определенного интеграла в пределах одного оборота

$$\int_0^{\pi D} \frac{16P^2 D^2}{4\pi d^4 G} dl + \int_0^{\pi D} \frac{2P^2}{\pi d^4 G} dl = \frac{4P^2 D^3}{d^4 G} + \frac{2P^2 D}{d^2 G} = \frac{Py}{2}. \quad (1)$$

Несложные преобразования дают отношение деформации к силе, которое в линейной системе равно производной от перемещения по силе или податливости одного витка вдоль оси пружины

$$\lambda_0 = \frac{dy}{dP} = \frac{8D^3}{d^4 G} + \frac{4D}{d^2 G}. \quad (2)$$

Угол поворота половины витка круглого сечения (рисунок 2) от момента определим при

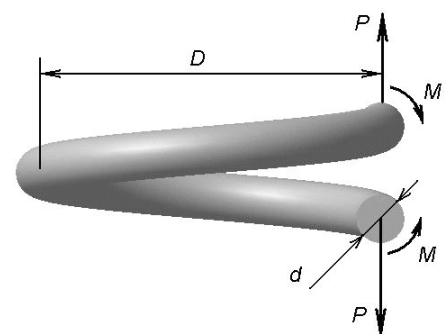


Рисунок 1—Схема внутренних сил в проволоке винтовой пружины

условии, что место приложения нагрузки поворачивается только в направлении момента.

Изгибающий момент в произвольном сечении полукольца

$$M_\varphi = M \sin \varphi. \quad (3)$$

Крутящий момент в произвольном сечении полукольца

$$T_\varphi = M \cos \varphi. \quad (4)$$

Уравнение потенциальной энергии и работы внешних сил имеет вид определенного интеграла в пределах половины оборота

$$\int_0^\pi \frac{32M_\varphi^2}{\pi d^4 E} d\ell + \int_0^\pi \frac{16T_\varphi^2}{\pi d^4 G} d\ell = \frac{18,4M^2 D}{d^4 E} = \frac{M\theta}{2}, \quad (5)$$

Решение относительно угла поворота сечения в месте приложения момента дает выражение

$$\theta = \frac{36,8MD}{d^4 E}. \quad (6)$$

Определим деформацию половины витка (рисунок 3) в направлении силы без поворота сечения. Для этого используем известный по сопротивлению материалов метод сравнения деформаций.

Установим голономную связь на свободном конце витка, тогда в точке приложения силы возникает реактивный момент, определяемый из условия, что угол поворота сечения от момента равен и противоположен углу поворота от силы.

Момент в произвольном сечении свободного кольца только от силы

$$M = PR \sin \varphi. \quad (7)$$

Угол поворота сечения кольца от силы

$$\theta_p = \int_0^{\pi/2} \frac{M}{EI} d\ell = \int_0^{\pi/2} \frac{PR \sin \varphi}{EI} R d\varphi = \frac{PR^2}{EI}. \quad (8)$$

Угол поворота сечения от постоянного момента

$$\theta_m = \int_0^{\pi/2} \frac{MR}{EI} d\varphi = \frac{MR\pi}{2EI}. \quad (9)$$

Из равенства суммы углов поворота от силы и момента получим неизвестный момент в точке приложения силы

$$M = \frac{2PR}{\pi}. \quad (10)$$

Делая обратную подстановку, получим момент в произвольном сечении кольца

$$M = PR \sin \varphi - \frac{2PR}{\pi}. \quad (11)$$

По закону сохранения энергии работа внешних сил переходит в потенциальную энергию деформации

$$\int_0^\pi \frac{P^2 R^2 \sin^2 \varphi}{2EI} R d\varphi - \int_0^\pi \frac{4P^2 R^2}{2EI\pi^2} R d\varphi = \frac{P^2 R^3}{EI} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) = \frac{Py}{2}. \quad (12)$$

Деформация полукольца равна

$$y = 0,298 \frac{PR^3}{EI} = 0,03725 \frac{PD^3}{EI}. \quad (13)$$

Переходим к определению упругих характеристик геликоидальной пружины с большим индексом и малым шагом. Винтовая пружина может быть заменена эквивалентным брусом. Закрепим один конец пружины, а второй нагрузим поперечной силой (рисунок 4).

Допустим, что деформации малы, тогда дифференциал длины пружины

$$d\ell = \frac{L}{n} = \rho d\varphi, \quad (14)$$

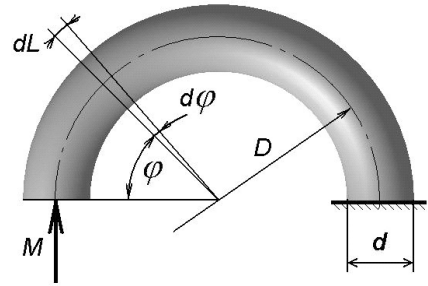


Рисунок 2—Половина витка пружины нагруженная моментом

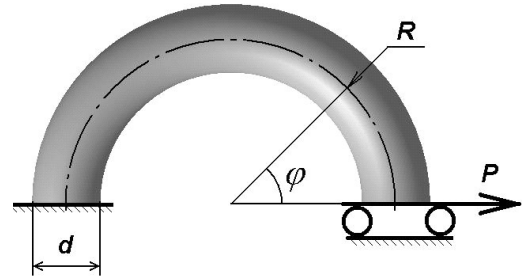


Рисунок 3 – Половина витка пружины нагруженного силой

где  $L$  – длина пружины;  
 $n$  – количество витков;  
 $\rho$  – радиус кривизны изогнутого бруса.

Проводя нормальные сечения по началу и концу одного витка, получим центральный угол, равный углу поворота сечения. Решение удвоенное для целого витка

$$d\varphi = 2\theta = \frac{2 \cdot 36,8MD}{d^4 E}. \quad (15)$$

Принятое в сопромате уравнение изогнутой оси пружины

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{73,6nMD}{Ld^4 E} = \frac{d^2 y}{dz^2}. \quad (16)$$

Итак, прогиб пружины в направлении силы в точке ее приложения

$$y = \frac{73,6nDPL^2}{3d^4 E}. \quad (17)$$

Рассмотрим деформацию сдвига существенную для пружин с малым числом витков. Такая пружина будет короткой в осевом направлении, и её изгиб будет сопоставимым со сдвигом. Для относительно коротких пружин существенна деформация сдвига. Используя полученное ранее решение, получим деформацию сдвига в точке приложения силы

$$y = \frac{2nDP}{d^2 E} (4c^2 + 3,6), \quad (18)$$

где  $c$  – индекс пружины.

Обычно виброизоляторы не испытывают деформации кручения, но для полноты картины найдем крутильную податливость одного витка пружины от момента, приложенного вокруг оси пружины. Для этого приравняем работу момента и потенциальную энергию изгиба витка

$$\frac{T_1 \theta}{2} = \int \frac{32T_1^2}{\pi d^4 E} dl. \quad (19)$$

После интегрирования угол поворота одного витка от момента параллельного оси пружины

$$\theta = \frac{64MD}{d^4 E}. \quad (20)$$

Составим таблицу податливостей ненагруженной пружины (рисунок 5) которая позволит выполнять предварительные расчеты характеристик судовых виброизоляторов. В таблице через  $n$  обозначено количество витков, через  $d$  диаметр проволоки.

Таблица – Зависимость податливости от силы и момента для пружины со свободным концом

Обозначение, единица измерения	Податливость пружины
$F_1, \text{H}$	$\left( \frac{8D^3}{d^4 G} + \frac{4D}{d^2 G} \right) n$
$F_2, \text{H}$	$\left[ \frac{73,6DL^2}{3Ed^4} + \frac{2D(4c^2 + 3,6)}{d^2 E} \right] n$
$T_1, \text{H}\cdot\text{м}$	$\frac{64D}{d^4 E} n$
$T_2, \text{H}\cdot\text{м}$	$\frac{73,6D}{d^4 E} n$

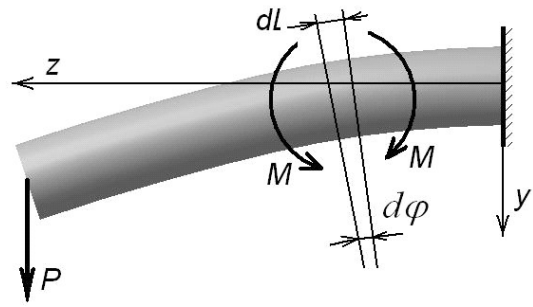


Рисунок 4 – Пружина, нагруженная поперечной силой

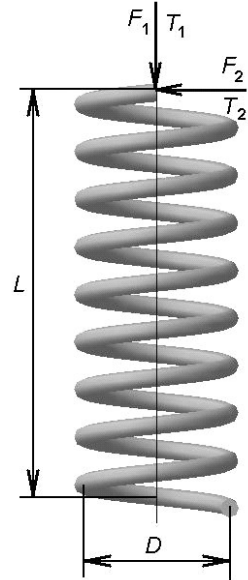


Рисунок 5 – Схе.

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

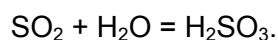
ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Г.В. Шувалов, О.А. Ясырова

Рассматривается применение кондуктометрического метода измерений для определения содержания серы в органических веществах. На конкретном примере показано, что данный метод можно использовать для определения содержания серы в нефтепродуктах (дизельном топливе). Разработан прибор для определения серы в диапазоне 0,01-1%, с погрешностью не более 10%.

Одной из наиболее часто решаемых задач в техническом анализе материалов является определение содержания серы в органических материалах. Например, при испытании нефтепродуктов определение содержания серы в дизельном топливе является обязательным видом анализа, предусмотренным ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное». В этой связи существует необходимость исследовать кондуктометрический метод применительно для определения серосодержащих компонентов в органических материалах, в т.ч. нефтепродуктах.

Основным методом анализа сернистых соединений в органических материалах в настоящее время является метод разложения, который заключается в сжигании пробы материала с последующим определением образующегося сернистого ангидрида  $SO_2$ . Методика измерения предусматривает сжигание строго дозированной навески вещества, улавливание сернистого газа и поглощение его адсорбирующим веществом, а также количественное определение  $SO_2$  одним из физико-химических методов [1]. При этом в качестве поглотителей чаще всего используют дистиллированную воду, которая хорошо поглощает сернистый ангидрид. Растворение сернистого ангидрида в воде сопровождается образованием сернистой кислоты по уравнению



Сернистая кислота является слабой кислотой, неустойчивой в водных растворах. Ввиду нестабильности сернистой кислоты, она не может использоваться для количественных определений, так как легко разлагается под действием различных влияющих факторов (свет, температура, электрический ток). Поэтому, для анализа сернистых соединений сернистую кислоту доокисляют до сильной и устойчивой серной кислоты  $H_2SO_4$ , применяя различные химические методы. В этом случае, именно концентрация  $H_2SO_4$  в растворе будет пропорциональна содержанию серы в определяемом материале. Для ее количественного определения чаще всего используют реакцию осаждения сульфата бария. Однако этот метод пригоден лишь для лабораторных исследований, и к тому же не обладает достаточной чувствительностью. Увеличения чувствительности определения серы можно достигнуть, если измерять электропроводность образовавшейся серной кислоты. Таким образом, кондуктометрический метод представляется весьма перспективным, в связи, с чем потребовалось провести исследования по возможности его применения для определения содержания серы в органических веществах, в частности в дизельном топливе.

Измерение электропроводности растворов на практике осуществляется как измерение сопротивления кондуктометрической ячейки, поэтому к ее конструкции предъявляются определенные требования, главное из которых – это неизменность постоянной ячейки. В настоящей работе для измерений использовалась кондуктометрическая ячейка, состоящая из двух электродов в виде параллельных цилиндрических стержней из графита диаметром 2 мм.

Для определения сопротивления ячейки при измерениях была использована схема трансформаторного моста с индуктивной связью между элементами, образующими плечи отношений. Основные преимущества такого трансформаторного моста – широкий частотный диапазон и малая погрешность. Эти свойства обусловлены тем, что паразитные емкости и активные сопротивления, которые шунтируют индуктивно связанные плечи, не изменяют отношения плеч и тем самым не приводят к возникновению дополнительных погрешностей. Кроме того, из-за практического отсутствия зависимости отношения индуктивно связанных плеч моста от влияния внешних условий (влажность, температура, электромагнитные поля и



т.д.) трансформаторные мосты не требуют особых мер электрической защиты. В трансформаторном мосте индуктивные плечи моста являются двумя секциями вторичной обмотки трансформатора. Первичная обмотка соединена с источником переменного тока, который питает мост.

Измерения с использованием описанного трансформаторного моста проводились в неуравновешенном режиме работы моста с измерением разбаланса моста в его диагонали. Для этого в диагональ включалось низкоомное постоянное сопротивление порядка 1 Ом, падение напряжения, на котором использовалось в качестве измерительного сигнала, пропорционального концентрации исследуемого раствора. Переменное сопротивление 2,2 МОм использовалось при установке начального равновесия моста (установка «нуля»). Необходимость такой установки связано с тем, что дистиллированная вода, заливаемая в кондуктометрическую ячейку, может иметь незначительный разброс по величине начальной электрической проводимости, связанный с условиями ее хранения и использования (загрязнение аналитической посуды, кондуктометрической ячейки и др.). Поэтому каждый раз перед проведением измерений проводится установка «нуля». Питание трансформаторного моста осуществлялось путем подачи напряжения на первичную обмотку трансформатора. Величина его регулировалась таким, чтобы на каждой из вторичных обмотках напряжение равнялось 12 В.

На частоте 50 Гц была экспериментально исследована электропроводность дистиллированной воды при поглощении ею сернистого ангидрида SO<sub>2</sub> от сжигания проб топлива с разным содержанием серы. Для этого в специально изготовленной горелке проводилось постепенное (в течение 30-40 минут) сжигание 1 мл дизельного топлива при постоянном контролируемом расходе топлива (0,03-0,05) · 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup>/мин. Величина расхода регулировалась таким образом, чтобы сгорание топлива происходило в виде спокойного ровного пламени высотой 5-7 мм без образования копоти. Соблюдение указанных условий необходимо для того, чтобы исключить неполное сгорание топлива, которое приводит к потере SO<sub>2</sub> в продуктах сгорания и возникновению погрешности измерений.

В экспериментах первоначально осуществлялось окисление сернистой кислоты в серную с помощью 1,5%-ного раствора перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> согласно методике, рекомендованной в [1]. Однако, как показали наши исследования, по мере снижения концентрации серы в анализируемых пробах быстро возрастает относительная ошибка определения ее концентрации, что связано с разложением перекиси водорода в процессе поглощения двуокиси серы. Процесс этот случайный и неконтролируемый, в связи, с чем результаты измерений имеют большой разброс. Применение других окислителей (йод, раствор аммиака) не привело к существенному улучшению положения.

Для устранения этого эффекта было предложено проводить окисление сернистого ангидрида озоном, постоянно подаваемым в определенном количестве в реакционную зону. Сначала были предприняты попытки проводить окисление SO<sub>2</sub> в газовой фазе. Однако достаточно высокая температура отходящих газов после сгорания не позволяет провести окисление SO<sub>2</sub> озоном в газовой фазе, так как озон активно распадается уже при температуре более 100 °С. Исследования [2] подтверждают вывод о том, что реакция двуокиси серы с озоном в газовой фазе практически не идет.

В наших исследованиях озон вводился непосредственно в дистиллированную воду барботированием и благодаря своей хорошей растворимости (при 20 °С – 0,688 г/л) насыщал ее. В присутствии воды происходит быстрое окисление сернистого газа озоном до серной кислоты, что позволило рекомендовать данный способ подготовки пробы для практического применения.

С использованием разработанного метода было установлено, что при измерении серы в нефтепродуктах в диапазоне (0,08-1,40) · 10<sup>3</sup> г/м<sup>3</sup> окисление сернистого ангидрида озоном в водном растворе происходит по линейному закону. Погрешность определения серы в этом случае не превышает 10%.

Используя полученные результаты была разработана методика определения серы в нефтепродуктах с использованием кондуктометрического метода, а также прибор с использованием этого метода. Прибор включает в себя следующие основные элементы:

- кондуктометрическая ячейка с электродами для измерения проводимости раствора;
- безфитильная горелка для сжигания определенного объема масла;
- дозатор сжигаемого топлива;

- генератор озона;
- схема измерения со схемой управления.

Работа прибора заключается в следующем: испытуемый нефтепродукт (или его раствор в разбавителе) сжигается в горелке, в которую он попадает с помощью дозатора. Продукт сгорания с помощью воздушного насоса (аспиратора) проходит через ламповое стекло и просасывается через поглотительный раствор в кондуктометрической ячейке. В качестве поглотительного раствора в ячейке используется дистиллированная вода, в которую от генератора озона через компрессор подается воздушно-озоновая смесь. В измерительной ячейке происходит образование серной кислоты по описанному выше механизму. Изменение проводимости поглотительного раствора регистрируется измерительной схемой, пересчитывается в конкретное значение содержания серы и выдается на жидкокристаллический индикатор. Разработанный метод можно использовать для надежного определения серы, в нефтепродуктах начиная с концентрации 0,01%. В этом случае погрешность определения серы не превышает 10%.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований установлено, что для определения содержания серы в органических веществах можно эффективно использовать кондуктометрический метод. Практическая реализация данного метода позволила на его основе разработать прибор анализа серы в нефтепродуктах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Худякова, Т.Н. Теория и практика кондуктометрического и хромо-кондуктометрического анализа / Т.Н. Худякова, А.П. Крешков. -М.: Химия, 1976.
- 2 Шувалов, Г.В. Прибор для определения соединений серы в нефтепродуктах / Г.В. Шувалов // Материалы 6 международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2002»: сб. тр. -Новосибирск, 2002. -Т.3. -С. 135-137.

## ВИБРОЗАЩИТНЫЙ КЛЕПАЛЬНЫЙ МОЛОТОК

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Ю.П. Савинов

Широкое применение во многих отраслях промышленности инструментов ударного действия предопределяет задачу их дальнейшего усовершенствования. Усилия исследователей направлены, в частности, на создание и совершенствование виброзащитных устройств с целью уменьшения вредного воздействия вибрации на организм оператора.

Применение различных виброзащитных систем для ручного виброударного инструмента снижает уровень вибрации, однако в большинстве случаев не удовлетворяет санитарным нормам. Поэтому задача изыскания способов и создания конструкций виброзащиты для ручного виброударного инструмента и малогабаритных пневматических молотков, в частности, до настоящего времени остается актуальной.

Сотрудниками Новосибирского института инженеров водного транспорта под руководством д.т.н. профессора А.К. Зуева совместно с Новосибирским авиационным заводом им. В.П. Чкалова в период с 70-73 годы прошлого столетия проводилась работа по созданию клепального пневматического молотка с виброзащитным устройством. В процессе работы было создано малогабаритное виброзащитное устройство к пневматическим молоткам с коррекцией жесткости и автоматической настройкой на необходимое нажимное усилие, показанное на рисунке 1.

При испытании опытной партии молотков в количестве 10-ти штук на рабочих местах получены следующие

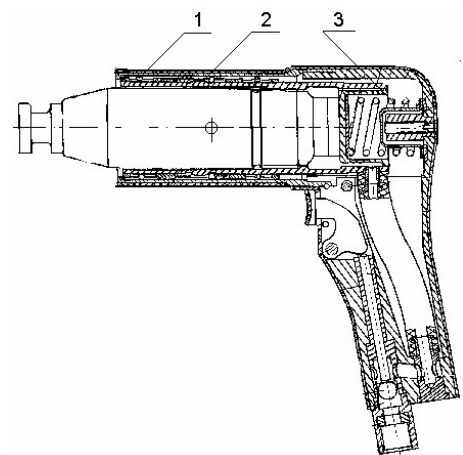


Рисунок 1 – Клепальный молоток с виброзащитным устройством: 1-шарик корректирующий; 2-упругий кожух; 3-пружина

результаты, которые отражены в таблице.

*Таблица – Среднеарифметические виброскорости в дБ относительно  $5 \cdot 10^{-6}$  см/с в октавных полосах со среднеквадратичным значениям уровней вибрации*

Номер молотка	Частота колебаний, Гц					
	8	16	31,5	63	125	250
1	95/0,89	92/0,20	98/0,40	93/0,22	90/0,16	86/0,10
2	91/0,18	90/0,16	97/0,35	98/0,16	91/0,18	84/0,08
3	93/0,22	90/0,16	97/0,35	98/0,16	99/0,14	81/0,06
4	92/0,20	91/0,18	100/0,50	89/0,14	91/0,18	92/0,06
5	93/0,22	92/0,20	97/0,35	88/0,13	89/0,14	81/0,05
6	94/0,35	92/0,20	100/0,58	89/0,14	88/0,13	83/0,07
7	95/0,23	93/0,22	97/0,35	90/0,16	90/0,16	84/0,08
8	93/0,22	92/0,20	99/0,45	89/0,14	91/0,18	83/0,07
9	92/0,20	91/0,13	98/0,40	89/0,14	88/0,13	81/0,06
0	99/0,45	96/0,32	98/0,40	87/0,11	89/0,14	86/0,10
Санитарные нормы, дБ/см·с	120/5,00	120/5,00	117/3,50	114/2,50	111/2,80	108/1,20

Полученные результаты отражены в протоколе испытания отдела техники безопасности завода им. Чкалова где отмечается, что вибрационные характеристики опытных образцов улучшены по сравнению с санитарными нормами от 7 до 10 раз по всему спектру частот (в сравнении с серийными эти показатели еще выше, так как серийные образцы молотков не проходят по санитарным нормам).

В том же протоколе отмечается, что по требованию группы охраны труда УТЗ и РК Министерства авиационной промышленности пять молотков передано в головной НИАТ для производственного испытания их на родственном заводе. При Головном техническом управлении создана комиссия для решения вопроса о запуске молотков в серию.

Результаты испытаний позволяют поставить вопрос об использовании полученной разработки в различных областях техники. Например, в трамбовках для уплотнения грунтов; в креслах рабочих мест обслуживающего персонала на различных видах транспорта; в подвесках авиационных двигателей к фюзеляжам самолетов и других транспортных аппаратов.

В настоящее время появляется возможность продолжить работы по серийному выпуску перспективных вибрационных устройств, нужна лишь заинтересованность и инициатива.

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-РЕМОНТНОГО ЦЕХА**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Р.В. Исаенко**

Приведен технико-экономический анализ технологий, предлагаемых для внедрения (внедряемый вариант) в сравнении с базовым вариантом принятым ранее, все исходные показатели для расчетов представляют сумму соответствующих показателей, рассмотренных шестнадцати технологических процессов.

Ранее нами был предложен технологический вариант реконструкции производственно-ремонтного цеха (ПРЦ) ЗАО «Производственно-ремонтное предприятие», включающий в себя шестнадцать внедряемых процессов сварки, наплавки и восстановления деталей энергетического оборудования. Каждый внедряемый процесс сравнивался с базовым, представляющим чаще всего ручную или полуавтоматическую сварку и наплавку.

Согласно методическим рекомендациям по оценке эффективности инновационных проектов необходимо выявить разницу между выгодами по проекту и затратами на его реализацию и эксплуатацию [1, 2].

$$\mathcal{E}_t = P_t - \Gamma_t,$$

где  $P_t$  – поступления по проекту;

$\Gamma_t$  – затраты по проекту;

$t$  – экономический срок службы предлагаемого проекта.

Поступления  $P_t$  – складываются из всех платежей за произведенную продукцию и оказанные услуги, затраты  $\Gamma_t$  включают в себя капитальные и эксплуатационные расходы.

Расчет основных экономических показателей для оценки эффективности внедряемого проекта цеха выполним в табличной форме, где исходные значения величин взяты по предыдущим расчетам (таблица 1 и 2).

В качестве критерия сравнительной экономической эффективности приняты годовые приведенные затраты

$$C = rK + \mathcal{Z}_t,$$

где  $r$  – реальная процентная ставка, определяемая по номинальной процентной ставке  $E_{ном} = 14\%$  и уровне инфляции  $\epsilon = 10\%$ ,

$$r = \frac{E_{ном} - \epsilon}{1 + \epsilon}.$$

Экономия по проекту определялась при  $P_t = \text{Const}$  для базового и внедряемого вариантов за счет снижения эксплуатационных затрат [3].

$$B_t = (\mathcal{Z}_t^{баз} - C_A^{баз}) - (\mathcal{Z}_t^{внедр} - C_A^{внедр});$$

Годовой экономический эффект определялся как разница годовых приведенных затрат [3]:

$$\mathcal{E}_r = C^{баз} - C^{внедр}.$$

Срок окупаемости затрат (недисконтированный) определялся как отношение общих капитальных затрат на оборудование и площади к годовому экономическому эффекту [3]:

$$T_{ок} = \frac{K^{внедр}}{\mathcal{E}_r}.$$

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – разность между приведенной экономией и приведенной суммой инвестиций за время анализа проекта при одинаковых годовых сбережениях  $B_t = \text{Const}$  определен по формуле [3]:

$$\text{ЧДД} = B_t \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r} - K_0$$

где  $T$  – срок службы предполагаемого проекта, лет;

$K_0$  – начальные инвестиции в проект, включающие в себя кроме стоимости оборудования и площадей проектные работы, демонтаж старого оборудования и пусконаладочные работы. Ориентировочная величина  $K_0 = 8120610$  руб.

Индекс доходности (параметр, показывающий сколько денежных единиц ЧДД приходится на каждую единицу инвестиций) определяется по формуле:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{K}$$

Таблица 1 – Расчет технико-экономических показателей предлагаемого варианта реконструкции цеха

Показатели	Базовый вариант	Внедряемый вариант
1	2	3
Стоимость оборудования, руб.	1927508	3386515
Затраты на транспортировку и монтаж оборудования, руб.	385502	677303
Стоимость оборудования совместно с транспортировкой, монтажом, руб.	2313010	4063818
Стоимость производственной площади под оборудование, руб.	–	1980000

## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

*Продолжение таблицы 1*

1	2	3
Общие капитальные затраты на оборудование и площади, руб.	2313010	6043818
Затраты на заработную плату, руб.	101782927	87606526
Затраты на основные и вспомогательные материалы и сырьё, руб.	1605019	2991384
Затраты на основную и вспомогательную энергию, руб.	8228415	5165843
Затраты на амортизацию, руб.	601382	1056593
Затраты на ремонт и обслуживание оборудования, руб.	385502	677303
Плата за кредит, руб.	–	846134
Общие эксплуатационные затраты, руб.	127048745	125265784
Годовые приведенные затраты, руб.	–	2238172
Экономия по проекту, руб.	–	1782961
Годовой экономический эффект от внедрения, руб.	–	10254782
Срок окупаемости затрат, годы	–	1,26
Чистый дисконтированный доход, руб.	127048745	125483361

*Таблица 2 – Расчет экономических показателей проекта*

Показатели	Период времени, лет				
	1	2	3	4	5
Коэффициент инвестиций, руб.	2200000	2200000	2015000	1440000	265610
Экономия, руб.	2238172	2238172	2238172	2238172	2238172
Дисконтированная экономия, руб.	2160398	2085901	2013469	1943532	1876009
Окончательное сальдо, руб.	39602	-114099	-1531	503532	1610399
Окончательное сальдо с нарастающим итогом, руб.	-39602	-153701	-155232	348300	1958699
	6	7	8	9	10
Коэффициент инвестиций, руб.	-	-	-	-	-
Экономия, руб.	2238172	2238172	2238172	2238172	2238172
Дисконтированная экономия, руб.	1810819	1747889	1687149	1628519	1571971
Окончательное сальдо, руб.	1810819	1747889	1687149	1628519	1571971
Окончательное сальдо с нарастающим итогом, руб.	3769518	5517407	7204556	8833075	10405048

Из таблицы 2 видно, что на первой стадии цикла жизни проекта затраты на его осуществление превосходят результаты, при этом и чистый доход и чистый дисконтированный доход принимают определенные значения. По мере реализации проекта объем инвестиций сокращается. Проект начинает приносить положительный доход (и чистый и чистый дисконтированный), который возрастает до «проектной отметки». Дальнейшие стадии цикла жизни проекта, связанные с выходом на проектную мощность, её поддержанием, реконструкцией, модернизацией и прекращением функционирования, хотя и требуют инвестиций, но при этом чистый доход и чистый дисконтированный доход остаются положительными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методические рекомендации по оценке эффективности проектов. -М.: Экономика, 2000. -421 с.
- 2 Фальцман, В.К. Оценка инвестиционных проектов предприятий / В.К. Фальцман. -2-е изд. -М.: ТЕИС, 2001. -56 с.
- 3 Методика технико-экономического обоснования и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования в промышленности / Г.Я. Вагин [и др.] // Промышл. энергетика. -2004. -№9. -С. 8-13.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ ПОДВЕСКИ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова

Приведен вывод дифференциальных уравнений виброизолирующей подвески судовой энергетической установки, содержащей упругие элементы и параллельные им электромагнитные компенсаторы жесткости с нелинейными силовыми характеристиками. Выведены уравнения при использовании линейной и нелинейной систем перестройки электромагнитного компенсатора на изменяющуюся нагрузку.

Для обеспечения плавания участка нулевой жесткости при изменении усилий от  $P_{\max}$  до  $P_{\min}$ , передаваемых от защищаемого объекта вибрирующему, электромагнитный компенсатор жесткости снабжен системой перестройки.

В [1] система перестройки электромагнитного компенсатора жесткости на изменяющуюся нагрузку выполнена в виде электрического регулятора, изменяющего напряжения на катушках электромагнитов при изменении относительного положения вибрирующего и защищаемого объектов. Регулятор может быть как линейным, так и нелинейным. При использовании линейного регулятора система может оказаться проще, ее свойства не будут меняться при изменении режимов работы. В системе с нелинейным регулятором передача динамических усилий теоретически может быть исключена почти полностью. В данной работе рассмотрим виброизолирующую подвеску с линейной и нелинейной системами перестройки.

Для математического описания регулятор представим в виде датчика относительного перемещения объектов, усилителя напряжения и электромагнитов с изменяющимися напряжениями на катушках, как показано на рисунке 1.

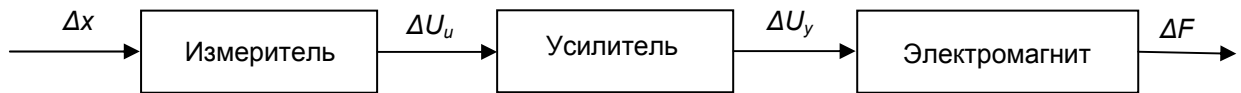


Рисунок 1 – Функциональная схема системы перестройки

Входным воздействием для измерителя является относительное перемещение вибрирующего и защищаемого объектов  $\Delta x$ , а выходной переменной – напряжение измерителя  $U_u$ . Это напряжение является входным воздействием усилителя напряжения, выходное напряжение  $U_y$ , которого является входным для электромагнитов. Это напряжение и определяет составляющую  $F_p$  силы тяги электромагнита.

Для того, чтобы оценить свойства всей системы необходимо получить дифференциальное уравнение всей системы.

При выводе дифференциального уравнения измерителя пренебрежем инерционностью, то есть измеритель описывается уравнением:

$$U_u = K_u x, \quad (1)$$

где  $K_u$  – передаточный коэффициент измерителя;

$x$  – перемещение якоря электромагнита.

В дифференциальное уравнение усилителя входит закон изменения напряжения в зависимости от перемещения, полученный в [2]. То есть усилитель описывается уравнением:

$$U_y = U_u K_y (mx^3 + \ell x), \quad (2)$$

где  $K_y$  – передаточный коэффициент усилителя.

Дифференциальное уравнение электромагнитов будем выводить с учетом индуктивности катушек. В соответствии со вторым законом Кирхгофа:

$$U_y = IR + L \frac{d\ell}{dt}, \quad (3)$$

где  $U_y$  – напряжение на выходе усилителя;  
 $I$  – ток через катушку электромагнита;  
 $L$  – индуктивность катушки электромагнита.

После преобразований получим для тока катушки:

$$T \frac{dI}{dt} + I = \frac{U_y}{R}, \quad (4)$$

где  $T = L/R$  – постоянная времени электромагнита.

Выполнив некоторые преобразования уравнения (4), выразим ток, проходящий через катушку

$$I = U_y / (R + Lp) = (U_y / R) / (Tp + 1). \quad (5)$$

В [4] выведено уравнение силовой характеристики электромагнитного компенсатора жёсткости, которое имеет вид:

$$F_3 = \frac{KI^2}{x^2} - \frac{KI^2}{(b-x)^2}, \quad (6)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей электромагнита;  
 $b$  – расстояние между полюсами электромагнитов.

Подставив (5) в (6) получим

$$F_3 = \frac{K_3 U^2}{x^2 (Tp + 1)^2} - \frac{K_3 U^2}{(b-x)^2 (Tp + 1)^2}, \quad (7)$$

где  $K_3 = K/R^2$  – передаточный коэффициент электромагнита.

Для нелинейного регулятора с учетом зависимостей, полученных в [2, 3]

$$T^2 \frac{d^2 F_3}{dt^2} + 2T \frac{dF_3}{dt} + F_3 = K_3 (ax^3 + cx) U_y. \quad (8)$$

Так как сила тяги электромагнита и есть рассматриваемое нами усилие регулятора, можно записать:

$$T^2 \frac{d^2 F_p}{dt^2} + 2T \frac{dF_p}{dt} + F_p = K_3 (ax^3 + cx) U_y. \quad (9)$$

Подставив в (9) уравнения (1) и (2), получим дифференциальное уравнение нелинейного регулятора

$$T^2 \frac{d^2 F_p}{dt^2} + 2T \frac{dF_p}{dt} + F_p = K_3 K_u K_y (ax^3 + cx) (mx^3 + lx) x, \quad (10)$$

Таким образом, нелинейная система перестройки описывается дифференциальным уравнением второго порядка.

Рассмотрим уравнение движения объекта на упругом подвесе:

$$m\ddot{x} + cx - F_1(x) = F(t). \quad (11)$$

Уравнение равновесия сил, действующих в подвеске (11) с учетом дифференциального уравнения регулятора, примет вид

$$m\ddot{x} + cx - K_3 (ax^3 + cx) + F_p = F(t). \quad (12)$$

Из уравнения (12) выразим:

$$F_p = F(t) - m \frac{d^2 x}{dt^2} - cx + K_3 (ax^3 + cx). \quad (13)$$

Подставив (13) в (10) и разделив переменные, получим дифференциальное уравнение виброизолирующей подвески, связывающее перемещение вибрирующего объекта с возмущающей силой при нелинейной системе перестройки:

$$T^2 m \frac{d^4 x}{dt^4} + 2Tm \frac{d^3 x}{dt^3} + (T^2 c + m) \frac{d^2 x}{dt^2} - T^2 K_3 \frac{d^2 (ax^3 + cx)}{dt^2} + 2Tc \frac{dx}{dt} - 2TK_3 \frac{d(ax^3 + cx)}{dt} - K_3 (ax^3 + cx) + [c + K_3 K_u K_y (ax^3 + cx) (mx^3 + lx)] x = T^2 \frac{d^2 F(t)}{dt^2} + 2T \frac{dF(t)}{dt} + F(t). \quad (14)$$

Из полученного уравнения видно, что при выборе нелинейного регулятора виброизолирующая подвеска описывается дифференциальным уравнением четвертого порядка.

Рассмотрим случай линейной системы перестройки. Для линейного регулятора уравнение (10) примет вид

$$T^2 \frac{d^2 F(t)}{dt^2} + 2T \frac{dF(t)}{dt} + F(t) = K_s K_u K_y c_k z x. \quad (15)$$

Таким образом, линейная система перестройки описывается дифференциальным уравнением второго порядка.

Уравнения равновесия сил (11), действующих в подвеске, с учетом дифференциального уравнения регулятора, примет вид:

$$m\ddot{x} + cx - K_s(ax^3 + cx) + F_p = F(t). \quad (16)$$

Из уравнения (16) выразим:

$$F_p = F(t) - m \frac{d^2 x}{dt^2} - cx + K_s(ax^3 + cx). \quad (17)$$

Подставив (17) в (15) и разделив переменные, получим дифференциальное уравнение виброизолирующей подвески, связывающее перемещение вибрирующего объекта с возмущающей силой при линейной системе перестройки:

$$T^2 m \frac{d^4 x}{dt^4} + 2Tm \frac{d^3 x}{dt^3} + (T^2 c + m) \frac{d^2 x}{dt^2} - T^2 K_s \frac{d^2(ax^3 + cx)}{dt^2} + 2Tc \frac{dx}{dt} - 2TK_s \frac{d(ax^3 + cx)}{dt} - K_s(ax^3 + cx) + [c + K_s K_u K_y (ax^3 + cx)(mx^3 + \ell x)] x = T^2 \frac{d^2 F(t)}{dt^2} + 2T \frac{dF(t)}{dt} + F(t). \quad (18)$$

Из полученного уравнения видно, что при выборе линейного регулятора виброизолирующая подвеска описывается дифференциальным уравнением четвертого порядка, также как при выборе нелинейной системы перестройки.

Решение полученных дифференциальных уравнений виброизолирующей подвески с нелинейным и линейным регуляторами (14) и (18) позволит оценить свойства всей системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 А.с.1216486 СССР. Корректор жесткости / А.К. Зуев, В.Ю. Гросс (СССР). -№3775501/25-28; заявл. 16.07.85; опубли. 07.03.86, Бюл.№9. -3 с.
- 2 Гурова, Е.Г. К определению закона регулирования напряжения нелинейного электромагнитного корректора жёсткости / В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. -2007. -№2. -С. 98-101.
- 3 Гросс, В.Ю. Упрощенный метод описания электромагнитного компенсатора жесткости / В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова // Энергетика, экология, энергосбережение: тр. 3-й междунар. науч.-техн. конф., 5-8 июня 2007 г. / под ред. В.П. Горелова, С.В. Журавлева, В.А. Глушец; Новосиб. гос. акад. вод. трансп., Омский фил. -Омск, 2007. -Ч.1. -С. 13-15.
- 4 Лесных, А.С. Виброизолирующие подвески судовых ДВС с электромагнитным компенсатором жёсткости: дис. ... канд. техн. наук / Лесных Алексей Станиславович. -Новосибирск, 2005. -131 с.



## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.В. Горелов, С.Б. Долгушин,  
Е.Ю. Кислицын, В.Е. Крышталёв, А.А. Руппель**

Применён системный подход к решению вопросов энергоснабжения и использования энергосберегающих технологий с применением новых средств преобразования электрической энергии в тепловую с учётом социального и экологического аспектов.

В начале XXI века всё большее внимание уделяется возобновляемым и нетрадиционным источникам энергии (ВНИЭ) – ветровой, солнечной, геотермальной, энергии малых рек и др., возрастают требования к надёжности энергоснабжения потребителей, к качеству электроэнергии и электромагнитной совместимости. Растут требования к технологиям энергосбережения тепловых процессов производственного и бытового назначения, учитывающих как экологические, так и социальные условия [1-3].

Возникает необходимость решения вопросов энергоснабжения и использования энергосберегающих технологий с использованием новых средств преобразования электрической и других видов энергии в тепловую и с учётом социального и экологического аспектов, что является наиболее актуальным в регионах Сибири и Дальнего Востока [4].

Системные методы решения аналогичных задач в энергетике использовали многие известные учёные [4-5]. Главным из направлений стратегии надёжности энергоснабжения и энергосбережения является перестройка энергоёмких производств и повышение эффективности использования электротепловой энергии с привлечением новых технологий.

В работах ряда авторов показана необходимость учёта причинно-следственных связей функционирующих средств нагрева в составе единой биотехнической системы, направленных на повышение эффективности использования электротепловой энергии и ресурсосбережение [5]. Разработка энергоснабжения потребителей вызывает необходимость комплексного изучения технических, экономических и социальных сторон вопроса. В сельском хозяйстве, промышленности, транспорте и других отраслях перспективно использование локального обогрева объектов низкотемпературными электронагревательными устройствами (ЭНУ), позволяющими обеспечивать большую гибкость управления при низком расходе электроэнергии. Известны ЭНУ, которые классифицируют по функциональным свойствам, конструктивным признакам, видам теплопередачи.

На основе системно-аналитического обзора литературных источников рассмотрены особенности энергоснабжения производственной сферы и населения страны [4, 5].

Например, элементами в системе электроснабжения являются электрические распределительные сети, содержащие кабельные и воздушные линии электропередачи, элементы оборудования электрических подстанций (резисторы, электронагреватели, разрядники и т.д.). В свою очередь для разработчиков элементов оборудования подстанций системой будет резистор, имеющий достаточно сложную конструкцию [5].

Наличие иерархичности строения системы означает определённую соподчинённость элементов, а также то, что каждый компонент системы может также рассматриваться как система, которая в свою очередь является лишь одним из компонентов более высокого порядка. Возникает необходимость разбиения сложных задач на ряд более простых, т.е. осуществлять декомпозицию.

Это позволяет учесть особенности энергоснабжения производственных объектов, бытовых потребностей населения Сибири и Дальнего Востока, включающие как высокие требования к надёжности систем энергоснабжения потребителей из-за суровых климатических условий и значительной протяжённости линий электропередачи, так и вследствие этих причин большие затраты на содержание производственной и социальной инфраструктуры.

Общая глобальная цель системы энергоснабжения потребителей представляет собой дерево целей, включающее набор взаимосвязанных подцелей (рисунок).

Системно-аналитическая проработка темы показала, что для бесперебойности энерго-

снабжения, качества электроэнергии и электромагнитной совместимости оборудования перспективным направлением является применение различных типов резисторов, электронагревателей и заземлителей [4-5]. Системный обзор существующих ингредиентов сложных резистивных композиционных материалов (РКМ) позволил обоснованно выбрать несколько разновидностей связки на основе силикатов и полимеров, электропроводных наполнителей (в основном из переходных форм углерода), и диэлектрических компонентов с повышенными теплофизическими свойствами.

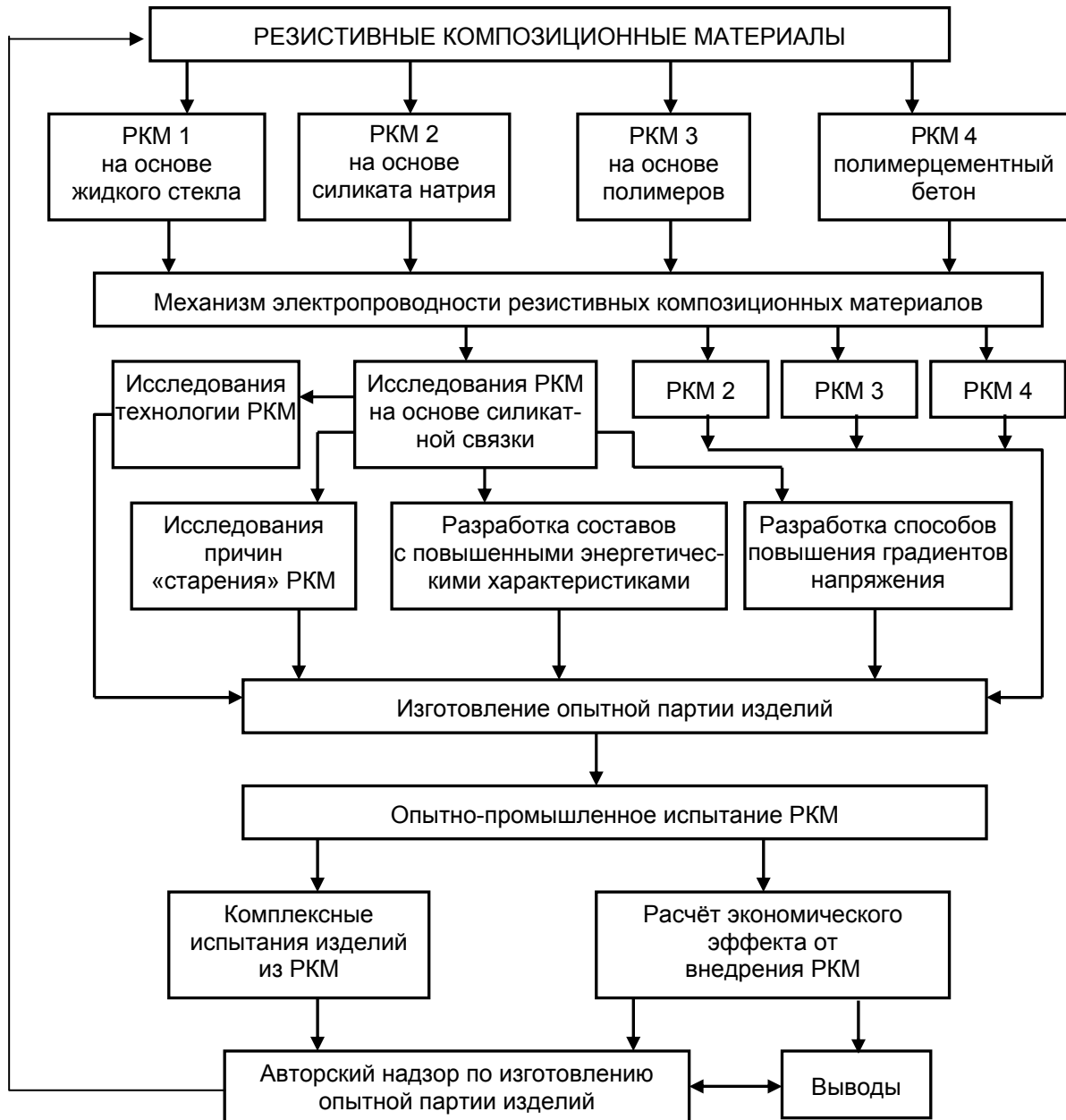


Рисунок – Целепоглощающая нижестоящая система по разработке резистивных материалов для электронагревателей и резисторов

Особенностью РКМ является изотропность по электрической проводимости, которая оказывает влияние на физико-механические характеристики, температуропроводность и другие параметры материалов и изделий из них [5, 6].

Разработанные методики подбора составов и прогноза характеристик РКМ показали удовлетворительную сходимость расчётных и экспериментальных параметров. Полученные эмпирические зависимости явились основой разработанных технологических правил производства электронагревателей и резисторов из РКМ с силикатными и полимерными связками по разработанным схемам технологических процессов. Это позволило в производственных условиях обеспечить опытно-промышленный выпуск изделий [6, 8, 10].

В электроэнергетических сетях от 0,4 до 110 кВ, машиностроительном производстве,

строительстве жилых и производственных объектов эффективно применение электротехнических изделий из РКМ цилиндрического и пластинчатого типов, например, из электропроводного бетона – бетэла, а также из рапита, изготавливаемого на основе высокотемпературных синтетических каучуков и полимеров (см рисунок) [3, 6].

В зависимости от электрофизических, теплофизических и физико-механических характеристик определяется область применения резистивного композиционного материала. Направленное же регулирование характеристик РКМ вызывает необходимость изучения их макроструктуры и фазового состава.

В настоящее время мало данных сравнительных исследований макроструктуры разрабатываемых резистивных материалов со связкой из жидкого стекла – РКМ 1, дисперсного силиката натрия – РКМ 2, бутилкаучука – РКМ 3. Недостаточно информации по сравнению характеристик полимерцементных композиций – РКМ 4 и бетэла.

Исследование РКМ с помощью японского сканирующего электронного микроскопа Т 20 показало, что структура исследуемых резистивных материалов во многом схожа. Нами установлено, что в бетэле частицы технического углерода, контактируя между собой, образуют агрегаты, создающие в цементной матрице непрерывные электропроводные цепочки [5, 7]. Отдельные скопления технического углерода могут находиться как в межзерновом пространстве, так и контактировать на поверхности зёрен наполнителя. Проводящие цепочки из технического углерода ПМ-15, частицы которого едва различимы при увеличении в 1000 раз, образуют с цементной матрицей взаимопроникающую систему. Более крупные частицы наполнителя можно считать изолированными друг от друга включениями.

Аналогичным образом организована структура РКМ 1 и РКМ 2, однако у них имеются индивидуальные особенности, которые определяют электрофизические, теплофизические и физико-механические свойства этих материалов.

В РКМ 4 используется технический углерод ПМЭ-100 В, отличающийся более высокой степенью дисперсности. Размер его частиц составляет около 0,005 мкм. Поэтому при увеличении в 3500 раз частицы неразличимы, а их скопления и перекрытия представлены бесформенными «сгустками» [6, 7]. Технический углерод ПМЭ-100 В используется, в отличие от технического углерода ПМ-15, в гранулированном виде. В целом, структура РКМ 4 пористая с различным характером пор. Общая пористость складывается из крупных межзерновых полостей, капиллярных пор, мелких замкнутых пор и др.

В различных электрических схемах наиболее распространёнными элементами являются резисторы, ЭНУ и заземлители, изготавливаемые из металлических и непроволочных материалов. Многообразие резисторов и ЭНУ, связанное с областями их применения, вызвало необходимость более детальной классификации с учётом их технологических и конструктивных особенностей.

Распределение электрического поля в прижимных контактах изделий из РКМ, объёмных резисторов и электронагревателей, в которых рабочий элемент набирают из отдельных однотипных резистивных цилиндров, квадратов и т.п., различных размеров по толщине и площади [5-6].

С учётом результатов выполненных исследований по разработанным технологическим правилам [6-8] налажено промышленное производство бетэловых резисторов на ОПТП «Энерготехпром» (г. Москва) в 1975 году [5-9]. С 1991 года их разработка и производство выделено в отдельное предприятие «БЭЛ» (г. Москва). Назначение и области применения выпускаемых резисторов типа РШ-2 по ТУ 34-48-15511-83 приведены в таблице [6, 9, 10].

В течение последних 15 лет следует отметить увеличение выпуска предприятием «ПНП Болид» (г. Новосибирск) резисторов типа РЗ из композиционного материала «ЭКОМ», которые также применяют в вышеприведённых областях энергетики [6, 11]. Например, композиционные резисторы из «ЭКОМа» и бетэла рекомендуется применять для снижения уровня коммутационных перенапряжений в сетях от 6 до 35 кВ [5, 9, 11].

Наборные конструкции на основе однотипных дисков позволяют широко варьировать такими параметрами резисторов как номинальное сопротивление, рабочее напряжение и т.д. Однако известно, что электрическая прочность резисторов значительно ниже прочности самих резистивных дисков, что объясняется не только увеличением неоднородности электрического поля с увеличением общей длины резистивного элемента, но и наличием большого числа прижимных контактов, вызывающих нарушение гомогенности структуры резистивного элемента по его длине. Это необходимо учитывать при разработке резисторов и на

этапе проектирования количественно оценивать влияние контактного сопротивления на снижение рабочих напряжений резисторов [6-9].

*Таблица – Назначение и области применения бетэловых резисторов [10]*

Тип резистора		Назначение, область применения
РШ-2	ВВП ВВ	резисторы, для шунтирования дугогасительных камер высоковольтных воздушных выключателей типа ВВН-110-6, ВВН-110, ВВН-154-8, ВВН-220-15, ВВН-220-10, ВВ-330, ВВ-500 с целью повышения номинального тока отключения до 31,5-40 кА
	УНТ	резисторные и реакторно-резисторные устройства в нейтрали трансформаторов и автотрансформаторов 110-220 кВ с целью ограничения ударных токов в их обмотках и токов несимметричных коротких замыканий
	УВТ	резисторные установки, ограничивающие ток в цепи выключателей вольтодобавочного трансформатора группы трансформаторов ЛЭП 1150 кВ
	УЦР	резисторы, ограничивающие токи при коммутации конденсаторных батарей и установок продольных емкостей компенсации в системах автоматической циркулярной разгрузки
	УЭТ	устройства экстренного торможения генераторов удаленных электростанций с целью повышения динамической устойчивости электроснабжения, генераторов газотурбинных электростанций с целью сохранения числа оборотов в допустимых пределах при мгновенных сбросах нагрузки, а также мощных синхронных двигателей, например насосных агрегатов с целью снижения забросов частоты вращения при сбросах нагрузки
	УНР	резисторы, устанавливаемые в нейтраль группы шунтирующих реакторов напряжения 750-1150 кВ последовательно компенсационному реактору с целью ограничения перенапряжений при ОАПВ и неполнофазных коммутациях линии
	ССН	резисторы, для частичного заземления нейтрали сети собственных нужд 6-10 кВ блочных ТЭС и АЭС, и автономных сетей промышленных предприятий, с целью снижения перенапряжений при однофазных замыканиях на землю и повреждаемости электрооборудования
	КУ	резисторы для устройств поперечной компенсации и устройств фильтрации и компенсации реактивной мощности тяговых подстанций железных дорог переменного тока

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горелов, С.В. История освоения нетрадиционных источников энергии в Западной Сибири: системный анализ процессов, происходящих в экосоцио-техносфере / С.В. Горелов [и др.] // Ползуновский вест. -2003. -№3/4. -С. 105-110.

2 Горелов, С.В. Композиционные резисторы в схемах, повышающих электромагнитную помехозащищенность электрооборудования / С.В. Горелов, Е.В. Иванова // Ползуновский вест. -2005. -№4, Ч.3. -С. 238-242.

3 Горелов, С.В. Применение в энергетике композитов с полимерными и силикатными ингредиентами / С.В. Горелов // Энергосбережение и водоподготовка. -2006. -№1. -С. 69-71.

4 Энергоснабжение стационарных и мобильных объектов. В 3 ч. Ч.1 / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Н.В. Цугленка. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2006. -239 с.

5 Резисторы в схемах электротеплоснабжения / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Н.В. Цугленка. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2008. -424 с.

6 Контактные устройства резисторов из композиционных материалов / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2002. -236 с.

7 Горелов, С.В. Применение композиционных нагревателей в системах местного обогрева / С.В. Горелов // Низкотемпературные нагреватели из композиционных материалов в промышленности и быту / В.П. Горелов. -М., 1995. -С. 166-209.

8 Горелов, В.П. Композиционные резисторы для энергетического строительства / В.П. Горелов, Г.А. Пугачёв; под ред. В.Е. Накорякова. -Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. -216 с.

9 Врублевский, Л.Е. Силовые резисторы / Л.Е. Врублевский, Ю.В. Зайцев, А.И. Тихонов. -М.: Энергоатомиздат, 1991. -256 с.

10 [http:// www.bel-resistors.ru](http://www.bel-resistors.ru) (10.07.2007).

11 Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование сетей 6-35 кВ / под ред. К.П. Кадомской [и др.]. -Новосибирск: Новос. гос. техн. ун-т, 2006. - 216 с. -(Тр. 4-й Всерос. науч.-техн. конф., 8-11 сент. 2006).

## **АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**С.В. Горелов, С.Б. Долгушин, В.Е. Крышталёв,  
С.Г. Куликов, А.А. Руппель**

Проанализированы вопросы повышения надёжности энергоснабжения промышленных и бытовых потребителей отдалённых северных регионов с комбинированным использованием автономных источников электроэнергии, включая плавучие атомные электростанции малой мощности. В качестве электронагревательных устройств рекомендуются резисторы различных типов и мощности.

С момента начала освоения отдалённых восточных и северных прибрежных регионов как в России, так и других государствах основным вопросом является снижение дефицитных электрической и тепловой энергии. К особенностям энергообеспечения производственной сферы и населения городов и посёлков относится использование различных возобновляемых и невозобновляемых видов энергии. Наблюдаемый значительный рост стоимости углеводородного сырья по отношению к ядерному топливу при сравнении технико-экономических показателей позволяют ориентироваться на применение плавучих атомных электростанций (ПЛАЭС) сравнительно малой мощности (от 50 до 100 МВт). Это наиболее актуально для энергообеспечения нефтегазодобывающих комплексов [1, 2]. Состояние отечественной научно-производственной базы позволяет разрабатывать подводно-подлёдные технологии газодобывающего промысла на глубоководном континентальном шельфе Арктики [3].

Строительство ПЛАЭС дешевле наземных станций и безопаснее в обслуживании. Это связано с применением модульно-агрегатной сборки и длительным опытом эксплуатации ядерных реакторов атомных ледоколов и атомных подводных лодок. Для одного из спроектированных вариантов ПЛАЭС применена паропроизводящая установка (ППУ) с реактором, охлаждаемом жидкометаллическим свинцово-висмутовым теплоносителем, что позволяет применить реактор на быстрых нейтронах. К основным достоинствам последнего относится безопасность в отношении наиболее радиационно опасных реактивных аварий [1]. Для ПЛАЭС мощностью 50 МВт выбрана схема ППУ блочного типа, прототипом которой является ППУ-40/А с незначительной доработкой под параметры перегретого пара (таблица 1).

Вариант ПЛАЭС мощностью 100 МВт разработан с размещением энергетической установки на платформе с ледостойким корпусом, опирающейся на твёрдое основание по аналогии с буровыми платформами, в составе: одной ППУ с реактором типа СВБР-75/100 ОКБ «Гидропресс» и двух ТГУ мощностью по 50 МВт [1].

*Таблица 1 – Основные технические характеристики блочной ППУ БМ-40/А*

Название характеристики	Численное значение
Тепловая мощность, МВт	100
Паропроизводительность, т/ч	115
Давление перегретого пара, МПа	4,5
Температура перегретого пара, °С	420
Рабочее давление в первом контуре, МПа	2,05
Продолжительность кампании а.з, эфф,ч	50000
Масса реакторной установки, т	
– в рабочем состоянии	415
– в сухом состоянии	360
Масса контейнера со сгнтовой ППУ при погрузке на ПЛАЭС, т	520

ПЛАЭС буксируется к месту эксплуатации в полностью готовом виде, устанавливается к оборудованному причалу и подключается к береговым коммуникациям, которые должны быть созданы к моменту готовности энергоблоков.

Для бесперебойного энергоснабжения и с целью энергосбережения целесообразно использовать комбинированные схемы (рисунок 1)

Следует отметить при этом эффективность использования аккумуляторов энергии. Например, из накопителей энергии широко распространены электромеханические, молекулярные, индуктивные и электрохимические. В связи с недостатками аккумуляторных батарей, связанными с малыми энергетическими параметрами, расширяется разработка и использование близкого по параметрам класса приборов – двухслойных конденсаторов, ультраконденсаторов, известных по названию как ионисторы. Ёмкость последних в несколько сот раз больше ёмкости распространённых конденсаторов (танталовых, плёночных, керамических, электролитических). Используют сборки суперконденсаторных модулей как основного источника энергии мобильных и стационарных объектов.

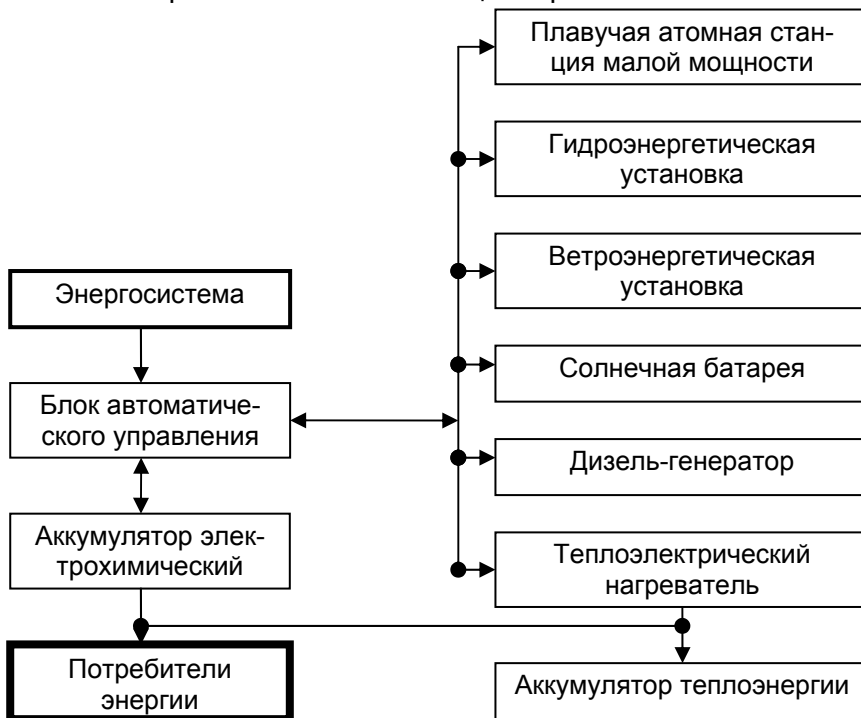


Рисунок 1 – Блочная схема комбинированного энергоснабжения потребителей

Проведённый анализ показал, что для непосредственного преобразования электрической энергии в тепловую, повышения надёжности электроснабжения, качества электроэнергии и электромагнитной совместимости оборудования перспективным направлением является применение резисторов и электронагревателей из металлов и композитов [4-9].

В электроэнергетических сетях от 0,4 до 110 кВ, автотракторном производстве, строительстве жилых и промышленных объектов сельскохозяйственного профиля эффективно применение электротехнических изделий из резистивных композиционных материалов цилиндрического и

пластинчатого типов, например, из электропроводного бетона – бетэла и рапита [8-10]. Однако опыт эксплуатации изделий из бетэла и рапита выявил специфические особенности параметров резисторов и электронагревателей.

В электроэнергетических системах России и странах ближнего зарубежья находится в эксплуатации более 80 тысяч мощных резисторов из электропроводного бетона. Единичная мощность в режиме кратковременного включения одного элемента высотой 1,0 м и диаметром 0,45 м была доведена до 3,5 МДж. В режиме длительного включения прошли апробацию электронагревательные устройства из металлических сплавов и резистивных композиционных материалов (РКМ) для обогрева объектов промышленного и бытового назначения [11].

Мониторинг эксплуатации изделий из РКМ показал, что атмосферные условия незначительно влияют на изменение электрофизических характеристик резисторов. Однако одновременное воздействие больших электродинамических усилий, механических нагрузок, коррозионных процессов снижают вероятность безотказной работы резисторных и электронагревательных устройств. Поэтому возрастают требования к компонентам РКМ, технологии изготовления для получения требуемых параметров изделий [8]. Краткий перечень применяемых в России резисторов и электронагревателей приведён на рисунке 2 и рисунке 3.

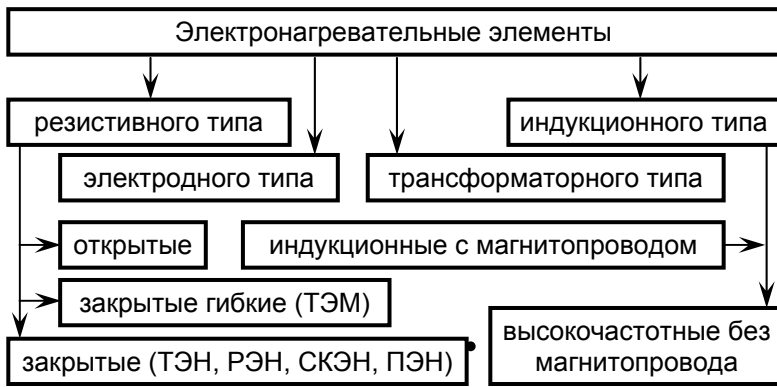


Рисунок 2 – Общая классификация электронагревательных элементов с активной частью из металлов и сплавов высокого сопротивления

Проведённые с начала 80-х годов XX века исследования позволили расширить диапазон используемых материалов, оптимизировать технологию получения сложных многокомпонентных систем, изучить влияние различных факторов на параметры, например, резисторов и электронагревателей, совершенствовать методы расчёта их конструкций. Результаты исследований не получили широкого освещения в периодической печати, что затрудняло разработчикам и эксплуатационникам использовать

их в своей работе. Авторы обобщили обширный теоретический и экспериментальный материал по вопросам конструирования, технологии изготовления и областей применения резисторов и электронагревателей из металлических сплавов и резистивных композиционных материалов.

Эксплуатация в электроэнергетике изделий из резистивных композиционных материалов (РКМ) с силикатными и полимерными связками выявила, что приложение переменного или импульсного высокого напряжения приводит в ряде случаев к пробоем в приповерхностном слое толщиной от 1,0 до 3,0 мм. Результаты исследования резисторов на рентгеновском и магниторезонансном томографах показали на значительное увеличение плотности материала в этом слое, что приводит к увеличению количества контактирующих дисперсных частиц из переходных форм углерода, уменьшению зазора в их контактах и увеличению электропроводности [11, 12]. Испытывались цилиндрические образцы из бетэла и рапита отличающиеся различной высотой, диаметром и типом контактных устройств.

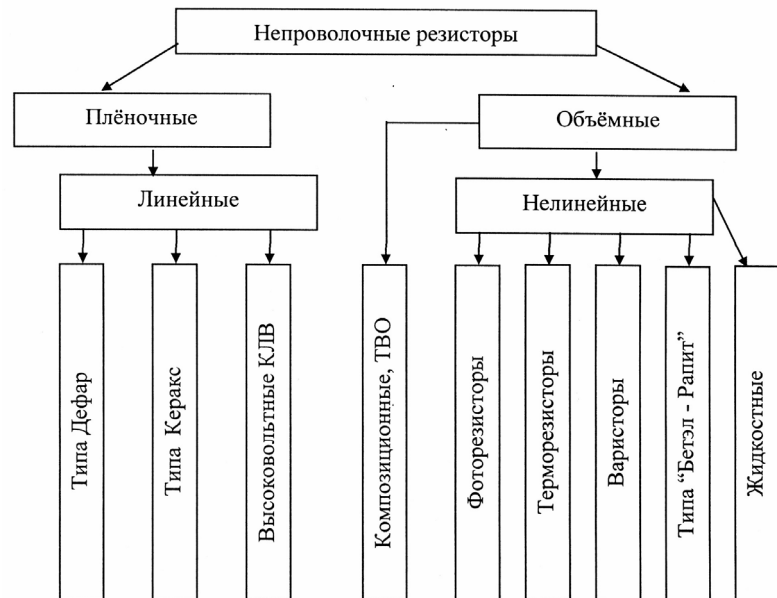


Рисунок 3 – Классификация неметаллических резисторов и электронагревателей

Визуально и из анализа осциллограмм можно выделить два основных типа разрядов:

1 Электротепловой пробой в приповерхностном слое с выходом разряда на наружную поверхность изоляционного слоя, которому предшествует возникновение частичной дужки. Однако, так как опорная точка частичной дужки по изоляционной поверхности двигаться не может, разряд развивается в приповерхностном слое под защитным слоем эмали. В местах выхода разряда на поверхность виден канал разряда. При этом происходит частичное разрушение образцов и снижение напряжения перекрытия.

2 Электротепловой (сквозной) пробой образцов без выхода канала разряда на поверхность. При этом может быть несколько каналов разряда. Пробивное напряжение в таком случае несколько выше, чем при других видах разряда.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что перекрытие образцов начинается с возникновением искрения и частичной дужки в месте контактирования электродов резистора. Подтверждением этому послужили полученные нами результаты покадровой съёмки перекрытия образцов при воздействии импульса 150/500 мкс на генераторе импульсного тока.

Проведённые испытания и использование системных методов исследования позволили разработать технологические способы регулирования комплекса параметров РКМ (таблице 2).

*Таблица 2 – Системный подход к технологическим способам регулирования параметров резистивных композиционных материалов*

Технологический способ	Ингредиенты композиции и особенности технологии	Улучшаемый параметр
Изменение проводящей фазы	Концентрация проводника, дисперсность проводниковых частиц и их тип проводника	Удельное сопротивление, электрическая прочность, энергоёмкость, нелинейность
Изменение типа связи	Тип цемента, жидкое стекло и растворы щелочей, силикат глыба типы каучуков и других полимеров	Пористость, водопоглощение, разрушающее напряжение при сжатии, стабильность удельного сопротивления, температурный коэффициент сопротивления
Введение наполнителей	Кварцевый песок, оксид магния (периклаз), оксиды металлов, дисперсные металлы или полупроводники	Теплопроводность, электрическая прочность, энергоёмкость, разрушающее напряжение при сжатии, температурный коэффициент сопротивления
Формование смеси	Вибрирование, динамическое или статическое прессование, экструдирование	Удельное сопротивление, энергоёмкость, электрическая прочность, разрушающее напряжение при сжатии, пористость, нелинейность, температурный коэффициент сопротивления
Формование при действии постоянного или переменного напряжения	Сырая смесь, готовое изделие	Удельное сопротивление, разрушающее напряжение при сжатии, пористость, нелинейность, температурный коэффициент сопротивления
Обработка поверхности изделия	Пропитка электроизоляционными жидкостями, кратковременный обжиг	Электрическая прочность, энергоёмкость, пористость, водопоглощение
Изменение режима гидротермальной обработки	Воздушносухая, в среде насыщенного пара, вулканизация	Удельное сопротивление, разрушающее напряжение при сжатии, энергоёмкость, нелинейность, пористость, температурный коэффициент сопротивления
Введение поверхностно-активных веществ и латексов	Поливинилацетатная эмульсия (ПВА), и эмульгатор, латекс с эмульгаторами	Удельное сопротивление, энергоёмкость, электрическая прочность, водопоглощение, разрушающее напряжение при сжатии, нелинейность, температурный коэффициент сопротивления

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Плавучая атомная электростанция малой мощности / В.В. Замуков [и др.] // Судостроение. -2007. -№2. -С. 9-12.
- 2 Пастухов, В.П. На главном стапеле России / В.П. Пастухов // Судостроение. -2007. -№3. -С. 4-7.
- 3 Лавковский, С.А. Технологии для разработки месторождений Арктики / С.А. Лавковский // Академия энергетики. -2008. -№1 (21). -С. 10-13.
- 4 Пат. 9350 Республика Казахстан, С 21D/52. Устройство для индукционного нагрева металлической ленты и плоских изделий / В.П. Горелов, А.Н. Качанов, Н.А. Качанов, А.Б. Кувалдин (KZ). -№99 0501.1; заявл. 27.04.1999; опубл. 15.08.2000, Бюл.№8. -3 с.
- 5 Елшин, А.И. Конструкции и расчёт низкотемпературного нагрева для жизнеобеспечения человека / А.И. Елшин; Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск: НГТУ, 2000. -140 с.
- 6 Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт. Ч.2 / под ред. В.П. Горелова, С.В. Журавлёва, В.А. Глушеца; Новосиб. гос. акад. вод. трансп., Омский фил. -Омск, 2007. -298 с.
- 7 Кузьмин, В.М. Электронагревательные устройства трансформаторного типа /



В.М. Кузьмин. -Владивосток: Дальнаука, 2001. -144 с.

8 Резисторы в схемах электротеплоснабжения / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Н.В. Цугленка. -2-е изд., перераб. и доп. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2008. -424 с.

9 Разработка резистивных композиционных материалов в России / С.В. Горелов [и др.] // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. -2002. -№1. -С. 84-90.

10 Контактные устройства резисторов из композиционных материалов / С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2002. -236 с.

11 Разработка резисторных устройств для генерирующих и энергопотребляющих предприятий / В.П. Горелов [и др.] // Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования: тр. Всерос. науч.-техн. конф. 12-14 мая 2008 г. -Томск, 2008. -С. 85-88.

12 Разработка методов повышения энергетических параметров композиционных объёмных резисторов / С.В. Горелов [и др.] // Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования: тр. Всерос. науч.-техн. конф. 12-14 мая 2008 г. -Томск, 2008. -С. 228-231.

## **ВЛИЯНИЕ РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ И СУБЪЕКТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**М.Г. Вишнягов, А.И. Дука, Ю.М. Иванова,  
В.Г. Сальников**

Проанализированы вопросы разработки раздела о качестве электроэнергии, договора о возмездном оказании услуг по передаче электрической энергии в условиях рынка электроэнергии. Рекомендуется в договорах с потребителем, имеющим мощные искажающие нагрузки, отображать не только показатели качества электроэнергии, но и кондуктивные электромагнитные помехи. Это интенсифицирует рынок электроэнергии, позволяет использовать в полной мере рыночные отношения для обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.

Реструктуризация электроэнергетики страны обязывает потребителя электрической энергии вступать во взаимоотношения с различными её субъектами, которые в Федеральном законе «Об электроэнергетике» определены как лица, осуществляющие деятельность в сфере электроэнергетики, в том числе: производство электрической и тепловой энергии, поставку (продажу) электрической энергии, электроснабжение потребителей, предоставление услуг по передаче электрической энергии, оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике, сбыт электрической энергии, организацию купли-продажи электрической энергии. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.08.2006 г. №530 сузило понятие «энергоснабжающая организация» и уточнило тех, кто может работать на рынках электроэнергии: энергосбытовые организации; гарантирующие поставщики электрической энергии, обязанные заключить договор купли-продажи электрической энергии с любым обратившимся к нему потребителем; сетевые организации, владеющие объектами энергосетевого хозяйства, используя которые они оказывают услуги по передаче электрической энергии и осуществляют в установленном порядке технологическое присоединение энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям; субъекты оперативно-диспетчерского управления. Услуги по передаче электроэнергии выделены как самостоятельный вид деятельности – это комплекс организационно и технически связанных действий, обеспечивающих передачу электрической энергии через технические устройства электрических сетей в соответствии с техническими регламентами. Для получения электрической энергии потребитель должен получить технические условия на технологическое присоединение к электрическим сетям сетевой организации. Тогда дополнительно к понятию граница раздела «потребитель – субъект электроэнергетики», которая определяется на начальных стадиях инвестиционного проектирования, последовательно определяются: точка подключения к электрической сети, граница балансовой принадлежности; граница эксплуатационной ответственности; точка общего присоединения

(ТОП); точка приёма; точка поставки; точка учёта [1].

При разработке договора о возмездном оказании услуг по передаче электрической энергии в условиях рынка возникают острые противоречия, обусловленные отсутствием полного пакета нормативно-правовых актов, определяющих функционирование субъектов энергетики. В частности для потребителей важно разграничение их по уровням системы электроснабжения. С учетом этих уровней должны быть определены их права и обязанности.

Одним из основных условий заключения договора должно являться раздел о показателях качества электроэнергии (ПКЭ) – уровнях электромагнитной совместимости (ЭМС) для кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП), которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97 [2]. Соответствие этим требованиям в зависимости от вида потребителя необходимого для обеспечения мероприятий по защите жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного имущества, по охране окружающей среды; для повышения технико-экономических показателей производств и качества выпускаемой ими продукции.

Конкретизируется практика взаимоотношения сторон по этому разделу договора, исходя из того, что электрическая энергия является товаром на рынке. Рынок электрической энергии состоит из двух уровней: оптового и розничного. Оптовый рынок электрической энергии представляет систему отношений, связанную с куплей-продажей электрической энергии, функционирующей на основе договоров между субъектами оптового рынка. Розничный рынок электрической энергии также представляет систему отношений, функционирующую на основе договоров о возмездном оказании услуг по передаче электроэнергии между субъектами розничного рынка электрической энергии вне оптового рынка. Поэтому такой параметр торговой продукции, как «качество», стал для электроэнергетики, как отрасли, определяющим, так как круг потребителей данного товара очень широк: от жилых домов, школ, больниц до крупнейших горнодобывающих предприятий [3].

Для определения значений ПКЭ вносимых в договор применяют различные методы. Чаще всего в договор вносят значения ПКЭ, которые рекомендуются стандартом [2]. Это обуславливает необходимость решать вопросы повышения ПКЭ в электрических сетях с уже сложившейся номенклатурой различных приемников электрической энергии потребителей, которые по разному влияют на качество электроэнергии. Эти вопросы относятся в основном к проблеме повышения ПКЭ в электрических сетях от 10 до 220 кВ, питающих потребителей.

На основе системного анализа разработаны пути повышения ПКЭ в региональных электрических сетях. Решение проблемы представляется в виде последовательности решения частных задач, которые показаны на рисунке 1. Здесь же отражены способы их решения и



Рисунок 1 – Последовательность и способы решения проблемы повышения качества электрической энергии в электрической сети от 10 до 220 кВ

их взаимосвязь [4].

Наиболее наукоёмкой задачей составления договора является определения степени влияния искажающей нагрузки потребителя на ухудшение ПКЭ в сетях распределительных компаний и возложения на него ответственности за снижение этих показателей.

Решение этой задачи целесообразно начинать с проведения измерений ПКЭ на всех действующих электростанциях и подстанциях в региональной электроэнергетической системе. Необходимо использовать приборы и системы измерений ПКЭ, которые прошли аттестацию в органах стандартизации и метрологии и допущены для обоснования финансовых претензий энергоснабжающих организаций и потребителей электрической энергии [1].

Целью измерений является установление направления и определения потоков мощности по каждому искажению ПКЭ. Пояснить эту потребность можно на примере анализа распределения потоков мощности в электроэнергетической системе (ЭЭС) на основной и гармонических частотах при искажении формы кривой напряжения. Эквивалентная схема замещения ЭЭС на напряжении 10 кВ, полученная из интуитивного допущения (основанного на теореме компенсации теории электрических цепей) о взаимности основного потока мощности и потока мощности на гармонических частотах, приведена на рисунке 2.

Генератор  $G$  представляет собой источник мощности основного синусоидального напряжения, питающей через сопротивление системы

$$Z_c = R_c + jX_c, \quad (1)$$

активную нагрузку  $P_{н,э}$ , регулируемую вентильным преобразователем  $B$ , и активно-индуктивную нагрузку

$$Z = R + jX, \quad (2)$$

где  $R_c, R$  – соответственно, активные сопротивления сети и нагрузки, Ом;  
 $X_c, X$  – индуктивные сопротивления, Ом.

Этот генератор передает мощность основной частоты (50 Гц)  $P_{э1}$  через ТОП. Большая часть передаваемой мощности  $P'_{э1}$  и  $P''_{э1}$ , питает нагрузку, а меньшая  $P_{н1}$  преобразователь, обуславливая при этом мощность искажения (МВт)

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}, \quad (3)$$

где  $S$  – полная мощность генератора, МВт;

$P$  – активная мощность, МВт;

$Q$  – реактивная мощность, Мвар.

Потери мощности в сети обозначены  $P_{c1}$ .

Мощность искажения обуславливает потери от высших гармонических составляющих в сети  $P_{c,э}$ , в генераторе  $P_{э,э}$  и в активно-индуктивной нагрузке  $P_{z,э}$ . Эти потери мощности вызывают в электрической системе не только неэффективное использование электрической энергии, но и отказы в работе рецепторов.

Проведенный ретроспективный анализ показывает, что ПКЭ на границе балансовой принадлежности (ГРБП) или в точке учета электроэнергии должны определяться на основе измерения, расчета, опыта эксплуатации и вноситься в договор. Эти показатели являются определяющими как для оптового, так и для розничного рынков электрической энергии [4].

Однако, раздел о ПКЭ на ГРБП при заключении договоров научно-обосновано не прорабатывается, ограничиваются записью о том, что эти показатели должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97. Таким образом, возможности рынка электроэнергии не используются для повышения уровней ЭМС технических средств. Эта возможность обусловлена общность процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии в ЭЭС.

В статье предпринята политика в раскрытии причин этого явления и предложить другой подход к оценке электромагнитной обстановке (ЭМО) на ГРБП на стадии заключения дого-

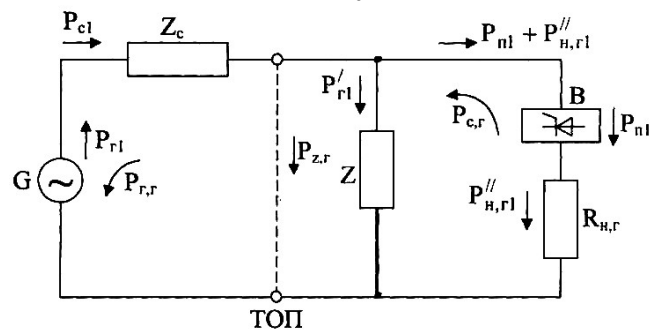


Рисунок 2 – Диаграммы основного и гармонических потоков мощности в системе электроснабжения с нелинейной нагрузкой

воров.

ПКЭ характеризуют электроэнергию как товар на розничном рынке электроэнергии и являются уровнями ЭМС технических средств. Они достоверно представляют ЭМО в сетях, если соответствуют требованиям стандарта [2]. При нарушении этих требований ПКЭ только косвенно отображают функционирующие в ЭЭС электромагнитные процессы, нарушающие ЭМС технических средств. В общем случае для технических средств. В общем случае для потребителей важны не ПКЭ, а допустимые уровни ЭМС технических средств. Как показатель товара они относятся к квалиметрии, разделу метрологии, изучающему вопросы измерения качества, а как уровни ЭМС их следует оценивать кондуктивными ЭМП, распространяющимися по сетям.

Отличительной особенностью кондуктивной ЭМП является её стохастическое свойство – математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и вероятность появления при превышении нормально и (или) предельно допустимых значений ПКЭ. Эта помеха научно обосновано (качественно) отображает ЭМО в электрических сетях, при которой нарушается ЭМС технических средств.

Теория кондуктивных ЭМП и алгоритмы их расчётов достаточно подробно изложены в [3, 4]. ГОСТ 13109-97 требует их подавления.

В связи с этим целесообразно в договорах о возмездном оказании услуг по передаче электрической энергии отображать не ПКЭ на ГРБП или в ТОП (см. рисунок 2), а допустимые параметры ЭМО – кондуктивные ЭМП. Это интенсифицирует розничный рынок электроэнергии, позволяет на новой основе использовать рыночные отношения для обеспечения ЭМС технических средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кудрин, Б.И. Электроснабжение: практика взаимоотношения потребителя и субъекта электроэнергетики / Б.И. Кудрин // Энергоэнергия: от получения и распределения до эффективного использования: тр. Всерос. науч.-техн. конф., Томск, 2008, 12-14 мая 2008 г. -Томск, 2008. -С. 4-8.

2 ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 01.01.99. -М.: Изд-во стандартов, 1998. -31 с.

3 Иванова, Е.В. Обеспечение электромагнитной совместимости в системах электроснабжения общего назначения мощных электротермических нагрузок / Е.В. Иванова // Промыш. энергетика. -2004. -№11. -С. 50-54.

4 Иванова, Е.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях промышленных центров Казахстана / Е.В. Иванова // Вест. ПГУ: науч. журн. / Павлодар. гос. ун-т. -2004. -№2. -С. 79–92.

## **УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В КАНАЛАХ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ**

Новосибирский государственный аграрный университет

**Г.Я. Иванов, А.Ю. Кузнецов**

Правильный выбор управляющих воздействий в каналах управления электродвигателем асинхронного электропривода позволяет добиться глубоких диапазонов регулирования скорости вращения электропривода и снизить активные потери в меди.

Одним из основных путей значительного упрощения математического описания асинхронного двигателя (АД) при синтезе системы автоматического управления скоростью – является рациональный выбор управляющих воздействий. Это обусловлено тем, что в зависимости от требований, предъявляемых к системе, в качестве управляющих воздействий целесообразно принимать такие координаты вектора состояния, которые связаны с вектором выходных переменных наиболее простыми соотношениями. В результате этого удаётся получить наиболее простые законы управления АД.

Так, например, в качестве управляющих воздействий в оптимальных по быстродействию системах частотно-регулируемого асинхронного электропривода могут быть приняты продольная и поперечная составляющие вектора токов статора [2], а для систем автоматического управления скоростью АД высокоинерционных механизмов – модуль вектора тока статора и абсолютное скольжение [3].

Наиболее часто в системах векторного управления АД управляющими воздействиями являются поперечная и продольная составляющие вектора напряжения статора  $u_{sy}, u_{sx}$ . При этом в качестве силового преобразователя выступает регулируемый источник напряжений статора, а вектором управлений является вектор напряжений статора, то есть пространственный вектор, который может быть сформирован из трехфазных напряжений, действующих на выходе автономного инвертора напряжения (АИН). Вектор напряжения на выходе определяется в соответствии с правилом

$$\vec{U} = c \cdot u_1;$$

$$c = \frac{2}{3} \left[ 1 - \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} j - \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} j \right]; \quad (1)$$

$$u_1 = [u_{1A} \quad u_{1B} \quad u_{1C}]^T,$$

где  $c$  – матрица-строка;

$u_1$  – матрица-столбец базового вектора напряжения.

Пространственное положение каждого из напряжений  $u_{1A}, u_{1B}, u_{1C}$  определяется восемью разрешёнными состояниями, из которых два нулевых, зависящих от состояния силовых транзисторных ключей АИН. Из одного положения в другое вектор выходного напряжения перемещается скачком, поворачиваясь при каждом последовательном переключении ключей АИН на  $60^\circ$ . Каждое из шести положений пространственного вектора рассматривается как самостоятельный вектор. Последовательный переход от одного базового самостоятельного вектора к последующему соответствует ступенчатой форме фазовых напряжений. Для получения формы фазных напряжений, близкой к синусоидальной, нужно, чтобы пространственный вектор напряжения двигался если и не абсолютно плавно, то хотя бы малыми скачками, занимая не только положение, соответствующее базовым, но и ряд положений между ними.

Несинусоидальный характер напряжения на выходе АИН накладывает ограничения на возможный диапазон регулирования скорости привода. Кроме того, наличие высших гармоник в кривой тока статора вызывает увеличение потерь энергии по сравнению со случаем питания двигателя синусоидальным напряжением.

На рисунке 1 приведена упрощённая функциональная схема АИН, в котором в качестве Т1...Т6 обозначены транзисторные ключи с обратными диодами.

Для данного вида источника питания асинхронного двигателя допустимые управления выходного напряжения в трёхфазной системе координат, связанной со статором асинхронной машины, находятся в ограниченном шестиугольном пространстве и представлены на рисунке 2. На рисунке обозначены:  $\beta_U$  – угол поворота внутрисекторный,  $\tau_1 \vec{U}_{1-2}, \tau_3 \vec{U}_{1-3}$  – длительности включения векторов  $\vec{U}_{1-2}$  и  $\vec{U}_{1-3}$ .

Чтобы форма напряжения на выходе АИН в максимальной степени приближалась к синусоиде, годограф концов фазных векторов напряжений должен представлять собой окружность. Максимально допустимая линейная область формирования вектора напряжений статора определяется величиной:

$$U_{огр} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{зпт}, \quad (2)$$

где  $U_{зпт}$  – амплитуда напряжения в звене постоянного тока преобразователя частоты, что соответствует амплитуде линейного напряжения между фазными обмотками АД.

Один из возможных алгоритмов реализации векторной широтно-импульсной модуляции

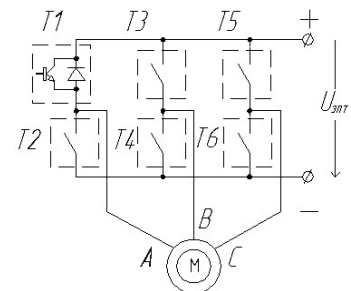


Рисунок 1 – Функциональная схема мостового трёхфазного АИН

(ШИМ) описан в работе [1].

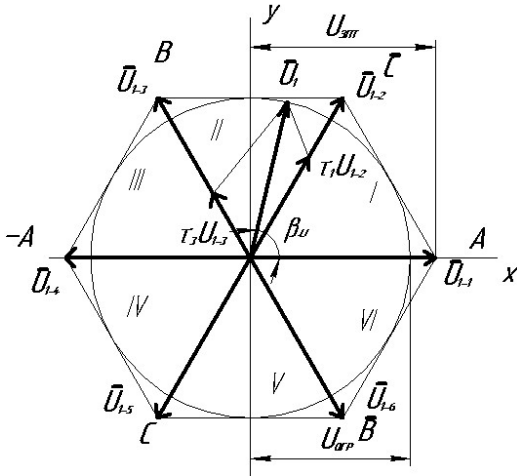


Рисунок 2 – Векторная диаграмма базового вектора напряжения реализуемого АИН, где

Использование векторной ШИМ в асинхронных электроприводах позволяет путём изменения длительности включения  $\tau_1$  и  $\tau_3$  двух соседних  $\vec{U}_{1-2}$  и  $\vec{U}_{1-3}$  и одного нулевого вектора сформировать вектор напряжения статора с любой фазой относительно опорного и модулем, ограниченным в соответствии с рисунком 2.

Микропроцессорная система в реальном времени определяет внутрисекторный угол поворота  $\beta_U$ , после чего производит расчёт точек переключения в соответствии с выбранным алгоритмом.

Такой подход к управлению силовым преобразователем снижает количество коммутаций силовых ключей, что приводит к снижению потерь в системе «регулируемый источник напряжения – асинхронный двигатель», а также уменьшает величину пульсаций формируемого напряжения, среднеквадратичное значение токов нагрузки и активные потери в двигателе по сравнению с пофазной широтно-импульсной модуляцией, вследствие чего расширяется диапазон регулирования частоты вращения АД.

Описанная схема инвертора может быть реализована как в аналоговой форме, так и в цифровой форме с применением микропроцессорной техники. Удобством реализации на микропроцессорном уровне является, наряду с описанными выше преимуществами, ещё одним из важнейших достоинств векторной ШИМ по сравнению с пофазной широтно-импульсной модуляцией при использовании в регулируемых электроприводах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Казаченко, В.Ф. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателем и требования к микроконтроллерам / В.Ф. Казаченко // CHIP NEWS. -1999. -№1. -С. 2-9.
- 2 Панкратов, В.В. Векторное управление асинхронными электроприводами / В.В. Панкратов; Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск: НГТУ, 1999. -66 с.
- 3 Шрейнер, Р.Т. Оптимальное частотное управление асинхронными электроприводами / Р.Т. Шрейнер, Ю.А. Дмитриенко. -Кишинёв: Штиинца, 1982. -224 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – ЛОПАСТНОЙ НАСОС – ТРУБОПРОВОД

Новосибирский государственный технический университет

Г.Я. Иванов, М.В. Глазырин

Составлено математическое описание системы асинхронный двигатель – лопастной насос – трубопровод большой протяжённости. Произведена линеаризация динамической модели системы. На основании анализа линеаризованной модели получено условие устойчивости системы.

подавляющее большинство эксплуатируемых на сегодняшний день насосов средней и большой мощности – динамические насосы лопастного типа [1]. основополагающим требованием при выборе электроприводов лопастных насосов (ЛН) является способность привода к демпфированию колебаний напора в трубопроводе, обусловленных волновыми процессами. Актуальность проблемы возрастает в случаях, когда трубопровод имеет большую протяжённость, соизмеримую с длиной звуковой волны (скорость звука в жидкостях составляет от 750 до 2000 м/с), порождаемой электромеханическими переходными процессами насосного агрегата.

Заводы-изготовители насосного оборудования, как правило, рекомендуют в качестве

электропривода ЛН серийные асинхронные двигатели (АД). В статье производится исследование динамических свойств системы АД-ЛН – трубопровод с целью выработать методику анализа устойчивости для данного класса электрогидромеханических систем.

Динамика электромеханических переходных процессов АД, подключенного к трёхфазной сети переменного тока, приближённо описывается уравнениями

$$\frac{d\omega}{dt} = (M_e - M_c) / J_{\Sigma}; \quad (1)$$

$$M_e = \beta(\omega_s - p_n \cdot \omega), \quad (2)$$

где  $\omega$  – угловая скорость насосного агрегата;

$M_e$  – электромагнитный момент АД;

$M_c$  – момент статический от действия сил сопротивления движению;

$J_{\Sigma}$  – приведенный к валу суммарный момент инерции;

$\beta$  – жёсткость рабочего участка линеаризованной механической характеристики АД;

$\omega_s$  – угловая частота сети;

$p_n$  – число пар полюсов двигателя.

Математическое описание АД (1), (2) не учитывает электромагнитную инерцию, обусловленную запасанием энергии в индуктивностях рассеяния АД. Для серийных АД средней и большой мощности данное допущение практически не влияет на точность расчёта электромеханических переходных процессов.

Математическое описание АД (1), (2) не учитывает электромагнитную инерцию, обусловленную запасанием энергии в индуктивностях рассеяния АД. Для серийных АД средней и большой мощности данное допущение практически не влияет на точность расчёта электромеханических переходных процессов.

Зависимость напора  $H_{ex}$  на входе трубопровода (на выходе насоса) от механической скорости  $\omega$  является безынерционной. Графически зависимость  $H_{ex}$  от  $\omega$  представляет собой монотонно возрастающую нелинейную функцию, выходящую из начала координат. Линеаризуем зависимость  $H_{ex}(x)$  в диапазоне рабочих скоростей насосного агрегата. Если уйти от рассмотрения пусковых режимов, то данное допущение не вносит существенной погрешности, поскольку нелинейность  $H_{ex}(x)$  достаточно гладкая, а диапазон рабочих скоростей не превышает (1÷2)% от номинальной. Принимаем

$$\Delta H_{ex} = k_H \Delta \omega, \quad (3)$$

где  $k_H$  – коэффициент наклона касательной к графику  $H_{ex}(x)$  в окрестности точки линеаризации.

Для получения математического описания зависимости  $M_c$  от  $\omega$  в переходных режимах необходим учёт волновых процессов в трубопроводе. Пренебрежём эластичностью стенок трубопровода, а также будем считать транспортируемую по трубопроводу жидкость несжимаемой, т.е. удовлетворяющей закону Гука. При допущении, что расход жидкости в выходном сечении трубопровода,  $Q$ , прямо пропорционален напору в данном сечении,  $H_{вых}$ , передаточную функцию, связывающую изображения  $H_{ex}(p)$  и  $Q(p)$ , можно представить в виде

$$W(p) = \frac{Q(p)}{H_{ex}(p)} = k_{вых} \frac{(1 + \rho) \exp(-\tau p)}{1 + \rho \exp(-2\tau p)} = \frac{Q}{H_{вых}} \frac{(1 + \rho) \exp(-\tau p)}{1 + \rho \exp(-2\tau p)}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – коэффициент отражения в выходном сечении трубопровода;

$\tau$  – время прохождения звуковой волны между входным и выходным сечениями трубопровода в одном направлении;

$$W(p) = k_{вых} (1 + \rho) W(p);$$

$W(p)$  – передаточная функция замкнутой подсистемы,

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{пр}(p)}{1 + W_{пр}(p)W_{о.с.}(p)},$$

где  $W_{np}(p)$  – передаточная функция в прямом канале подсистемы, моделирующем прохождение падающей волны,

$$W_{np}(p) = \exp(-\tau p);$$

$W_{oc}(p)$  – передаточная функция в канале отрицательной обратной связи, моделирующем прохождение отражённой волны,

$$W_{oc}(p) = \rho \exp(-\tau p).$$

Передаточная функция (4) соответствует динамическим характеристикам однородной линии без потерь [2]. Во-первых, это означает, что геометрические размеры сечения трубопровода априори приняты неизменными по всей его длине. Применение трубопровода однородного сечения является обычной практикой. Во-вторых, не учтено затухание звуковых волн в трубопроводе, что допустимо, поскольку учёт затухания волн несколько повысил бы запасы устойчивости создаваемой модели.

Линеаризация передаточной функции (4) произведена путём сопоставления выражения для её переходной характеристики [2] с выражением для переходной характеристики типового колебательного звена. Передаточная функция колебательного звена имеет вид

$$W_k(p) = \frac{k_{вых}}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}. \quad (5)$$

Коэффициент демпфирования  $\xi$  выражается через коэффициент отражения  $\rho$  следующим образом

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{\ln(1/\rho^2)}\right)^2}}. \quad (6)$$

Постоянная времени в передаточной функции (5) прямо пропорциональна времени  $\tau$

$$T = \frac{2\tau}{\pi} \sqrt{1 - \xi^2}. \quad (7)$$

Момент нагрузки,  $M_c$ , принимаем прямо пропорциональным расходу жидкости,

$$M_c = k_m Q. \quad (8)$$

Передаточную функцию, описывающую зависимость  $M_c$  от  $\omega$  в переходных режимах, получаем на основании алгебраических уравнений (3), (8) и передаточной функции (5),

$$W_n(p) = \frac{M_c(p)}{\omega(p)} = \frac{k_\Sigma}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}, \quad (9)$$

где  $k_\Sigma = k_H k_M k_{вых}$ .

Структурная схема модели системы АД-ЛН – трубопровод, полученной в результате линеаризации, (рисунок 1) составлена на основании уравнений (1), (2) и передаточной функции (9).

Чтобы оценить адекватность полученной линейной модели, рассчитан переходный процесс  $H_{вых}(t)$  (рисунок 2) при увеличении частоты питания АД со значения 50 Гц до 51 Гц (за одну секунду по линейному закону) для исходной нелинейной и линеаризованной (рисунок 1) моделей. Производилось моделирование следующей электрогидромеханической системы:

– тип насоса ПЭ-380-200-2,  
 $Q_{НОМ} = 0,167 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $H_{вх\text{НОМ}} = 1800 \text{ м}$ ;

– тип двигателя 2АЗМ-3200/6000УХЛ4,  $P_{НОМ} = 3200 \text{ кВт}$ ,  $n_{НОМ} = 2985 \text{ об/мин}$ .

Значения коэффициентов линейной модели:

$$\tau = 1 \text{ с}; \rho = 0,5; \beta = 6520 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}; p_n = 1; J_\Sigma = 285 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; k_H = 5,76 \text{ м}\cdot\text{с};$$

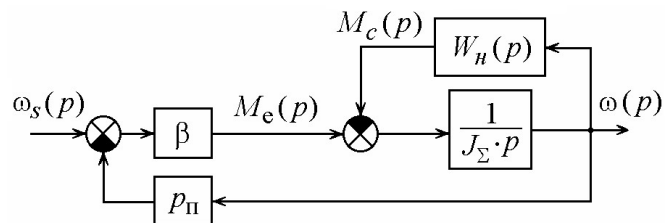


Рисунок 1 – Структурная схема линейной модели системы асинхронный двигатель – лопастной насос – трубопровод



$$k_{\text{вых}} = 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; k_m = 61300 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2; k_\Sigma = 36,4; \xi = 0,2155; T = 0,625 \text{ с}.$$

Результаты, полученные в ходе численных экспериментов, позволяют заключить, что при малых отклонениях частоты питания и скорости АД от их установившихся значений линеаризованная модель системы АД-ЛН – трубопровод обеспечивает приемлемую для инженерной практики точность.

Передаточная функция линеаризованной модели, представленной на рисунке 1,  $W_\omega(p) = \omega(p)/\omega_s(p)$ , имеет вид:

$$W_\omega(p) = \frac{\beta(T^2 p^2 + 2\xi T p + 1)}{J_\Sigma T^2 p^2 + (2\xi J_\Sigma T + p_n \beta T^2) + (J_\Sigma + 2\xi p_n \beta T) p + p_n \beta + k_\Sigma}. \quad (10)$$

Исследование передаточной функции (10) алгебраическими критериями устойчивости даёт условие устойчивости линеаризованной модели (см. рисунок 1),

$$2\xi J_\Sigma^2 + 2\xi (p_n \beta T)^2 + 4\xi^2 p_n \beta J_\Sigma T > J_\Sigma T k_\Sigma. \quad (11)$$

Проверка условия (11) необходима при выборе насосного агрегата, работающего на трубопровод большой протяжённости. Однако, выполнение условия (11), полученного на основании анализа линейной модели (см. рисунок 1), ещё не гарантирует устойчивость самой нелинейной системы АД-ЛН – трубопровод.

$H_{\text{вых}}, \text{ м}$

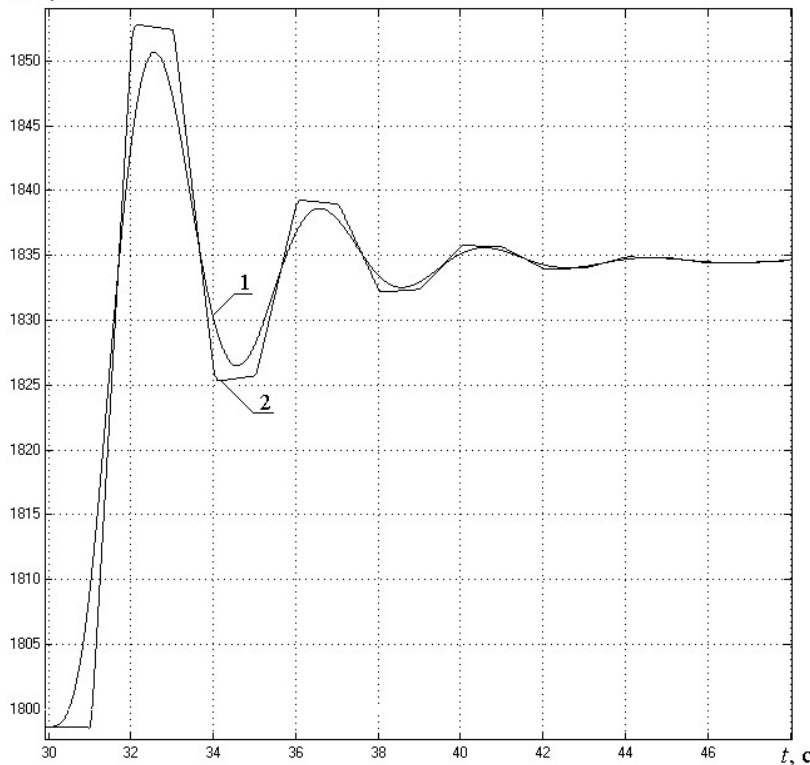


Рисунок 2 – Графики изменения выходного напора при увеличении частоты питания АД со значения 50 Гц до 51 Гц за 1 с по линейному закону: 1-в линеаризованной модели; 2-в исходной нелинейной модели

Анализ условия (11) показывает, что повышение запасов устойчивости системы АД – ЛН – трубопровод возможно за счёт увеличения жёсткости механической характеристики АД.

Выводы:

- Динамика волновых процессов при транспортировании жидкости по трубопроводу большой протяжённости может быть описана передаточной функцией, состоящей из элементов транспортного запаздывания и учитывающей коэффициент отражения звуковых волн от выходного сечения трубопровода, при следующих допущениях,
  - геометрические размеры сечения трубопровода неизменны по всей его длине;
  - отсутствует деформация стенок трубопровода при пульсациях напора и расхода;
  - транспортируемая жидкость является малосжимаемой, т.е. удовлетворяет закону

Гаука;

– движение жидкости внутри трубопровода не сопровождается преобразованием механической энергии в тепловую.

2 При частотном регулировании АД запасы устойчивости системы АД-ЛН – трубопровод могут быть повышены за счёт искусственного увеличения жёсткости механической характеристики привода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Малюшенко, В.В. Энергетические насосы: справ. пособие / В.В. Малюшенко, А.К. Ми-

хайлов. -М.: Энергоиздат, 1981. -200 с.

2 Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. -М.-Л.: Энергия, 1965. -444 с.

## АНАЛИЗ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ТРАМВАЯ КАК ОБЪЕКТА ДИАГНОСТИКИ

Новосибирский государственный технический университет

М.В. Калугин, В.В. Бирюков

Произведён анализ контактной сети трамвая как объекта диагностирования. Предложена блочно-функциональная декомпозиция контактной сети, позволяющая осуществлять системный подход к выбору средств диагностирования её технического состояния.

Контактная сеть (КС) – сложное инженерное сооружение, имеющее значительную протяженность и периодическую структуру, предназначенное для непрерывного электроснабжения подвижного состава посредством скользящего контакта.

Анализ простоев подвижного состава (ПС) трамвая на линии в ряде крупных городов показывает, что довольно частой причиной простоев на линии является отказ контактной сети. Так, по данным департамента транспорта г. Новосибирска до 7,5% простоев ПС во временном выражении произошло на линии из-за отказа КС. В связи с этим, оценка технического состояния КС с позиций надёжности является одной из важнейших задач.

При анализе отказов КС в г. Новосибирске были выявлены и исключены отказы, возникшие в результате посторонних взаимодействий, таких как: обрыв подвесок негабаритными грузами, повреждение опорных конструкций транспортными средствами, отжиг провода в результате аварий на ПС, повреждение подвесок неисправными токоприемниками. В ходе предварительного анализа статистического материала было выявлено, что основная часть, 79,8% от общего количества отказов, составляют отказы типа: обрыв контактного провода, вырыв провода из зажима, обрыв гибкой поперечины, повреждение пересечений.

Анализ статистического материала и данных эксплуатационных служб показывает, что контактная подвеска не является равнонадежной системой, что свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования конструкций и узлов контактной подвески трамвая, в частности, пересечений. Наибольшее количество отказов возникает в момент прохождения токоприемником спецчастей и точек подвешивания и фиксации контактного провода, т.е. в результате неудовлетворительного взаимодействия, обусловленного неправильной регулировкой и монтажом подвески, а также неисправностями токоприемника.

Следует отметить, что до 27,3% всех отказов токоприемников трамвая на линии, возникает в результате пропилов и повышенного износа контактных вставок, что, как известно [1, 2], в значительной мере вызвано нарушением параметров контактной подвески, таких как: величины зигзагов, высота контактного провода над уровнем головок рельсов, уклоны и подъёмы контактного провода, поджоги.

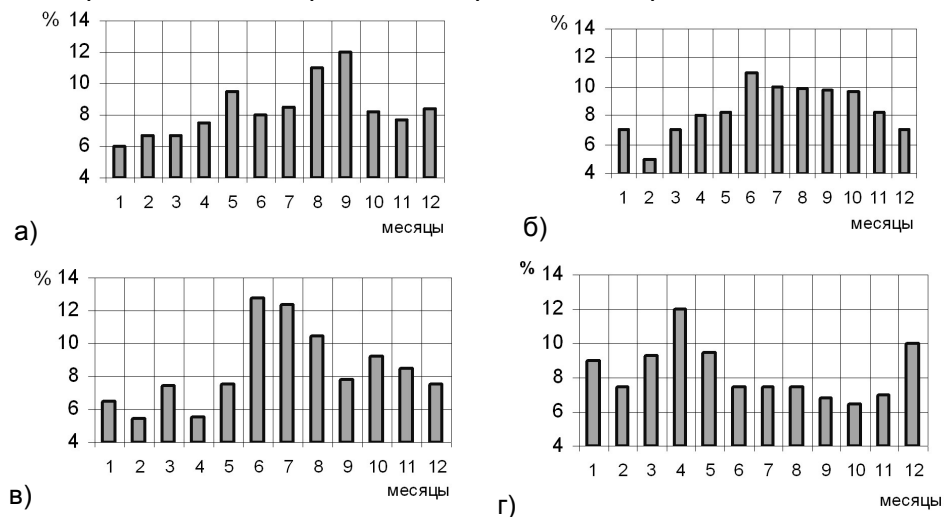


Рисунок 1 – Распределение отказов контактной сети трамвая по месяцам: а)-отказы типа обрыв гибкой поперечины; б)-отказы типа обрыв КП; в)-отказ типа выбой КП из зажима; г)-повреждение пересечений

Кроме того, как видно из графиков (рисунок 1), прослеживается явная зависимость количества повреждений от климатических условий. Так, максимальная интенсивность отказов вида обрыв гибкой поперечины, приходится на май и сентябрь месяцы с наибольшим суточным перепадом температур, а по отказам обрыв КП и вырыв КП из зажима, максимальная интенсивность приходится на июнь месяц, характеризующийся самыми высокими температурами.

Поскольку КС является сложным электротехническим объектом, то надёжность её как единого целого определяется надёжностью составляющих элементов. Поэтому при анализе надёжности КС необходимо наметить пути решения следующих основных вопросов:

- определить влияние типа подвески и качества её обслуживания на надёжность КС.
- выявить элементы, имеющие пониженную, по сравнению с другими, надёжность;
- определить климатические факторы, оказывающие влияние на надёжность элементов;

Основное требование к КС как элементу системы технического обслуживания и ремонта – постоянное соответствие основных параметров необходимому уровню надёжности, условиям эксплуатации и интенсивности использования. Такое соответствие может быть достигнуто, если фактические показатели надёжности КС как и параметры системы технического обслуживания и ремонта, формируются на основе объективной информации о техническом состоянии КС.

Определение технического состояния КС может быть проведено по результатам измерения и оценке большого числа входных, внутренних и выходных параметров. Практически же для определения технического состояния достаточно выделить совокупность прямых и косвенных диагностических признаков и параметров, отображающих наиболее вероятные неисправности, связанные со снижением работоспособности и возникновением отказов.

Блочно-функциональная декомпозиция КС представлена на рисунке 2. Вертикальная декомпозиция приводит к построению иерархии связей составляющих ее компонентов. В этой иерархии выделено четыре уровня: секционный, включающий в себя секцию контактной сети; системный, включающий поддерживающие, несущие, фиксирующие, линейные токоведущие, опорные устройства, устройства компенсации температурных удлинений, сопряжения и специальные части; подсистемный уровень включает в себя отдельные сборочные единицы; четвёртый уровень – элементный – включает неразборные детали. Такая декомпозиция предопределяет форму соподчинения диагностических целей и алгоритмов. Горизонтальная декомпозиция КС позволяет выделить отдельные составляющие по основному принципу физического процесса, функциональному назначению или принципу технического исполнения.

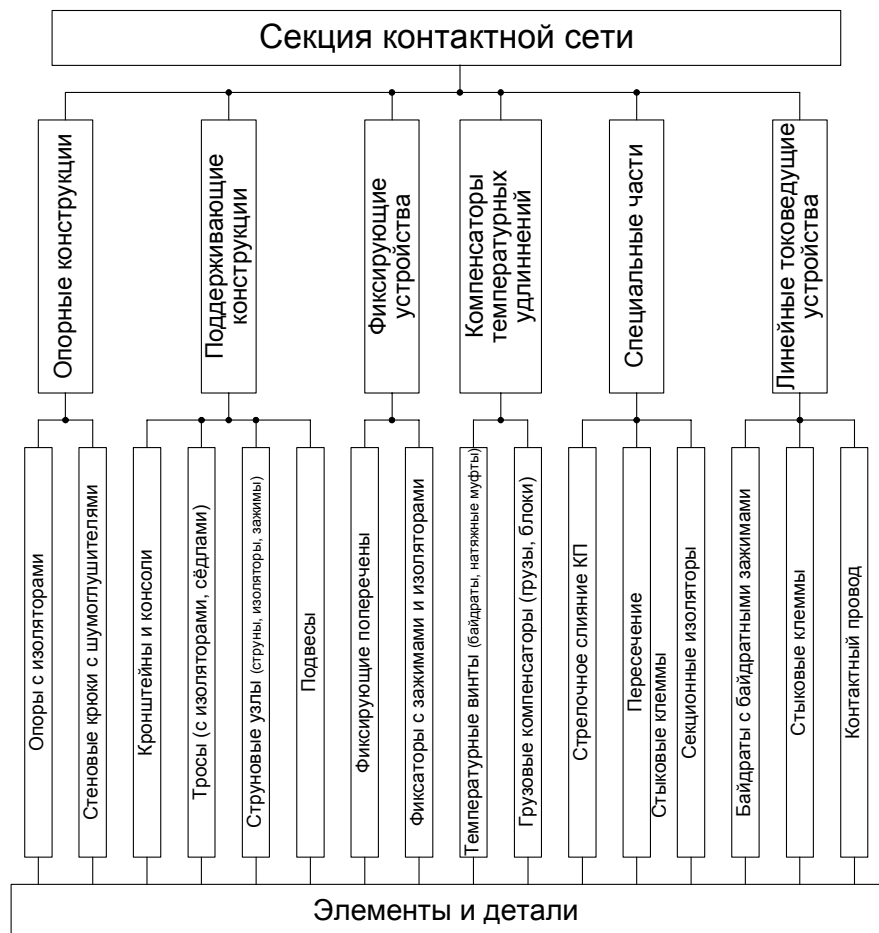


Рисунок 2 – Блочно-функциональная декомпозиция КС

В качестве примера взаимосвязи элементов КС на рисунке 3 приведены схемы при простой (а) и цепной (б) подвесках.

При диагностировании каждой из этих систем в ряду нескольких используемых физических методов диагностирования можно выделить доминирующий, позволяющий с достаточной степенью достоверности определить техническое состояние КС.

В процессе эксплуатации КС может находиться в следующих основных состояниях:

– исправна и работоспособна, а, значит, и параметры  $Z_i$ , характеризующие состояние ее элементов и узлов, находятся в пределах номинального поля допусков

$$Z_{i \min}^H \leq Z_i \leq Z_{i \max}^H ;$$

– неисправна, но работоспособна, что обусловлено выходом параметров основных элементов и узлов из поля допусков, но не выше предельных значений

$$Z_{i \min}^{np} < Z_i < Z_{i \max}^H ;$$

$$Z_{i \min}^{np} > Z_i > Z_{i \max}^H ;$$

– неисправна и неработоспособна, следовательно, параметры основных элементов и узлов вышли за пределы допусков

$$Z_i < Z_{i \min}^{np} ; Z_i > Z_{i \max}^H .$$

Границы указанных допусков для существующих типов контактных подвесок приведены в нормативных документах [3, 4]. Однако следует отметить, что существующие допуски в основном отражают состояние подвески через ее геометрические размеры в статическом состоянии, т.е. при отсутствии подвижного состава. В режиме же нормального функционирования КС на всем своем протяжении находится во взаимодействии с токоприемниками ПС, а, следовательно, должна оцениваться так же по показателям, характеризующим взаимодействие, учитывающим надежность, долговечность и качество, т.е. стабильность контакта.

Выполнение требований поддержания заданного уровня эксплуатационной надежности КС осуществляется реализацией системы ремонтов и регулировок определенной нормативно-технической документацией. Существующая система технического обслуживания и ремонта, направленная на поддержание работоспособности КС включает в себя контроль важнейших параметров контактной подвески и их регулировку. Однако, согласно данным об оснащении отдельных операций контрольных измерений видно, что их техническое оснащение недостаточно и малопроизводительно. Кроме того, предусматривается контроль параметров КС в статическом состоянии, что при имеющихся связях еще в большей степени затрудняет объективную оценку ее состояния. Следовательно, получение полной и достоверной информации возможно лишь путем комплексного диагностирования всех параметров КС на всем ее протяжении в режиме функционирования. При использовании диагностических комплексов возникает проблема эффективности их применения для городов с различной протяженностью КС. Для расчета границы целесообразности использования комплекса необходимо рассмотреть два варианта: первый вариант – ручные измерения с автовышки, второй – с использованием вагона-лаборатории (ВЛ). В случае первого варианта капвложения можно считать равными нулю, т.е.  $K_1 = 0$ , а себестоимость измерений –  $C_1$ . При втором варианте необходимы капвложения  $K_2$  при себестоимости измерений –  $C_2$ . Использование

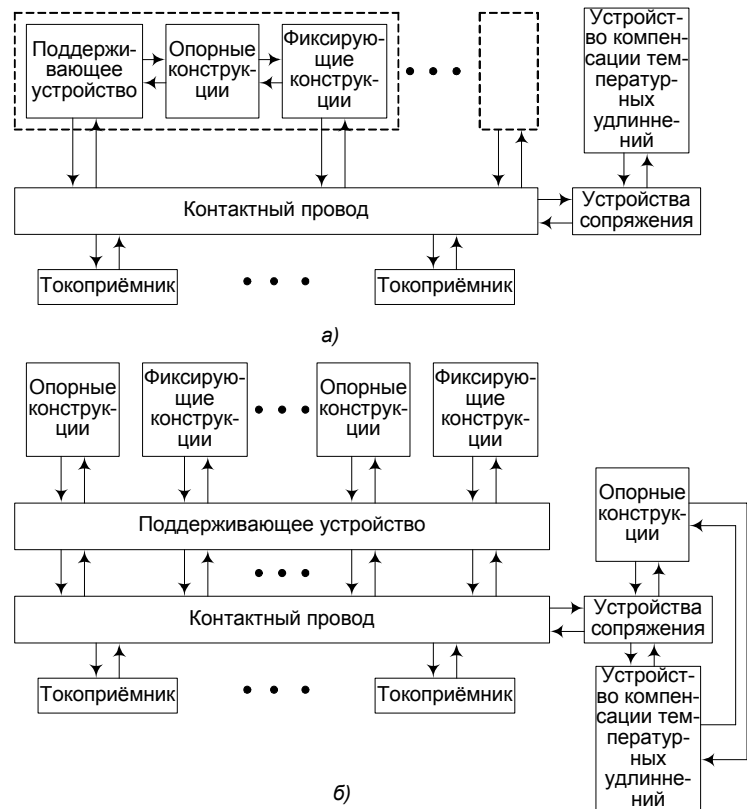


Рисунок 3 – Взаимосвязь элементов КС при простой (а) и цепной (б) подвесках

ВЛ является целесообразным при выполнении условия:

$$T_H \geq \frac{K_2}{C_1 - C_2};$$

где  $T_H$  – нормативный срок окупаемости.

Удельная себестоимость ручных измерений  $C'_1$  включает в себя затраты на рабочую силу, расходы на механизмы, инструмент, спецодежду, а полная себестоимость может быть определена как

$$C_1 = C'_1 \cdot L_{КС},$$

где  $L_{КС}$  – протяжённость КС.

Расходы по контролю параметров контактной сети во втором варианте, т.е. при использовании ВЛ можно разделить на зависимые и независимые от объема работы, тогда

$$C_2 = qK_2 + C_{2\text{ нез}} + C_{2\text{ зав}}L,$$

где  $q$  – доля амортизационных отчислений;

$C_{2\text{ нез}}$  – независимые расходы;

$C_{2\text{ зав}}$  – зависимые расходы.

Независимые расходы  $C_{2\text{ нез}}$  складываются из заработной платы обслуживающего персонала и стоимости обслуживания вагона. В составе зависимых расходов входят расходы на электроэнергию, запасные части и материалы, ремонты по пробегу.

Следует отметить, что данные расчеты не учитывают экономического эффекта от снижения количества отказов, так как такие расчеты могут быть выполнены только по результатам эксплуатационных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ивин, К.В. Токосъем городского наземного транспорта / К.В. Ивин, А.Н. Трофимов, Г.Г. Энгельс. -М., 1965. -262 с.
- 2 Фрайфельд, А.В. Проектирование контактной сети / А.В. Фрайфельд. -2-е изд., перераб. и доп. -М., 1984. -262 с.
- 3 Правила технической эксплуатации трамваев: утв. МЖКХ РСФСР 06.08.81. -М., 1982. -78 с.
- 4 ГОСТ 16468–79. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации: основные положения. -М.: Изд-во стандартов, 1979.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА**

Новосибирский государственный технический университет

**А.П. Вертохвостов**

Рассмотрено влияние составляющих тягового электропривода электроподвижного состава постоянного тока на расход энергии на движение и пути совершенствования его с целью минимизации потерь энергии в нём.

Основными элементами тягового электрического привода (рисунок 1) электроподвижного состава (ЭПС), как известно, являются [1]:

- источник электрической энергии – ИЭ, в качестве которого на городском электрическом транспорте используется тяговая сеть;
- преобразователь энергии – Пр, необходимый для обеспечения электромагнитной совместимости тягового электрического двигателя (ТЭД) с источником энергии;
- электромеханический преобразователь энергии – ЭМПр, в котором происходит преобразование электрической энергии в механическую;
- механическая передача (трансмиссия) – МП, служащая для передачи крутящего момента с вала ТЭД на обод колеса (и при необходимости преобразования его и распределения по колёсам);

– движитель (колесо) – Дв, необходимый для реализации тягового усилия.

**ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭПС**

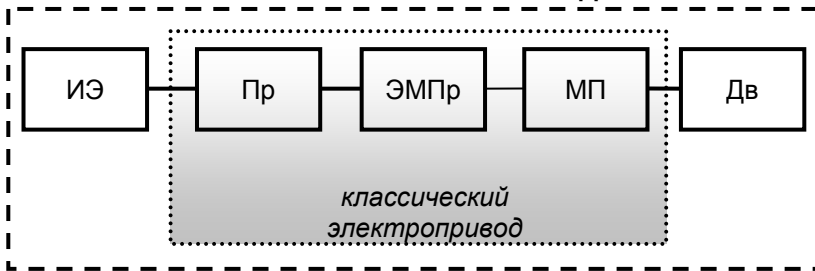


Рисунок 1 – Структурная схема тягового электропривода электроподвижного состава

Проанализируем влияние каждого элемента тягового электропривода на расход энергии ЭПС и возможности минимизации потерь в них.

Из рассмотрения исключается ИЭ, поскольку электропитание всего ЭПС производится централизованно и поэтому не представляется возможным регулирование напряжения сети.

Следующим элементом привода является преобразователь Пр, выполняемый на современном подвижном составе, как правило, на базе полупроводниковых элементов. Схемное решение преобразователя зависит от:

- количества ТЭД на ЭПС;
- формулы ходовых частей;
- номинального напряжения двигателей;
- элементной базы Пр и т.д.

Для многодвигательного ЭПС характерным является то, что номинальное напряжение ТЭД составляет половину от напряжения на токоприёмнике ЭПС. Такое соотношение напряжений позволяет, во-первых, повысить надёжность тягового привода ЭПС в целом путём питания каждого тягового двигателя от своей фазы преобразователя и, во-вторых – поддерживать заданное напряжение на ТЭД во всём диапазоне изменения напряжения источника питания. Кроме того, увеличение фазности Пр способствует, как известно, снижению массогабаритных показателей входного фильтра, что немаловажно для ЭПС.

Для однодвигательного ЭПС характерным является то, что номинальное напряжение ТЭД равно напряжению на токоприёмнике ЭПС. Применение искусственной фазности в этом случае нецелесообразно, поскольку приводит к усложнению схемы силовых цепей и удорожанию электрической части ЭПС.

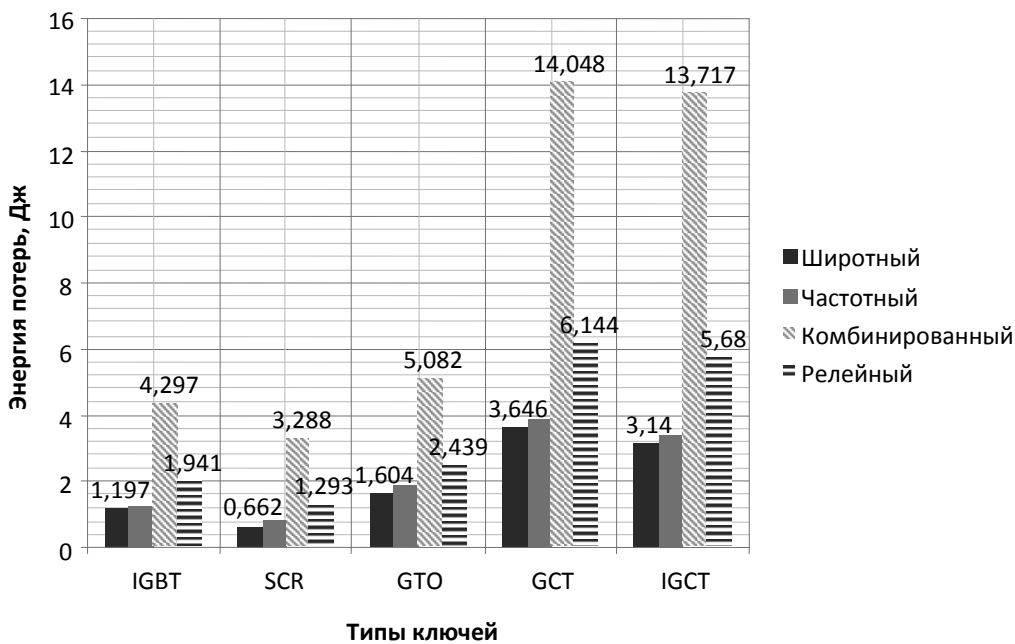


Рисунок 2 – Потери в полупроводниковых приборах

Наличие достаточно разнообразного состава полупроводниковых приборов по функциональному назначению, отвечающих требованиям применения их для нужд электрической тяги, позволяет проектировщикам ЭПС использовать практически все их для разработки Пр.

На основании проведённых автором исследований [2] было выявлено, что минимальными потерями в тяговых приводах ЭПС с ТЭД рекомендованной мощности [3] с различными способами управления обладают Пр с SCR-тиристорами и IGBT-транзисторами (рисунок 2).

ЭМПр (ТЭД постоянного тока) в классическом исполнении для нужд тяги практически достиг предела по энергетическим характеристикам и поэтому потери энергии в нём не могут быть снижены существенно. Однако выбор оптимальной величины мощности ТЭД для каждого вида подвижного состава согласно [3] позволяет добиться существенного снижения потерь энергии в нём.

Структура МП определяется как формулой ходовых частей, так и типом зубчатой передачи, используемой в редукторе. На рельсовом подвижном составе преимущественное распространение получили тяговые электроприводы индивидуального исполнения (на одну колёсную пару) с различными типами зубчатых зацеплений и передаточным числом. Последнее напрямую зависит от диаметра колеса и угловой скорости вращения вала ТЭД. Для эксплуатируемого подвижного состава пассажирского транспорта с диаметрами колёс ходовых частей 600...700 мм передаточное отношение редуктора  $i_{ред}$  лежит в пределах  $i_{ред} = 5,3...7,5$ , что однозначно предполагает применение двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, либо одноступенчатого с гипоидным зацеплением. Как в первом, так и во втором вариантах исполнения редукторы обладают большими потерями в сравнении с одноступенчатыми с прямозубым зацеплением. Стремление к понижению уровня пола салона за счёт уменьшения диаметра ведущего колеса при требуемом клиренсе способствует уменьшению  $i_{ред}$  и даёт возможность применения одноступенчатого редуктора, что повышает КПД трансмиссии в целом.

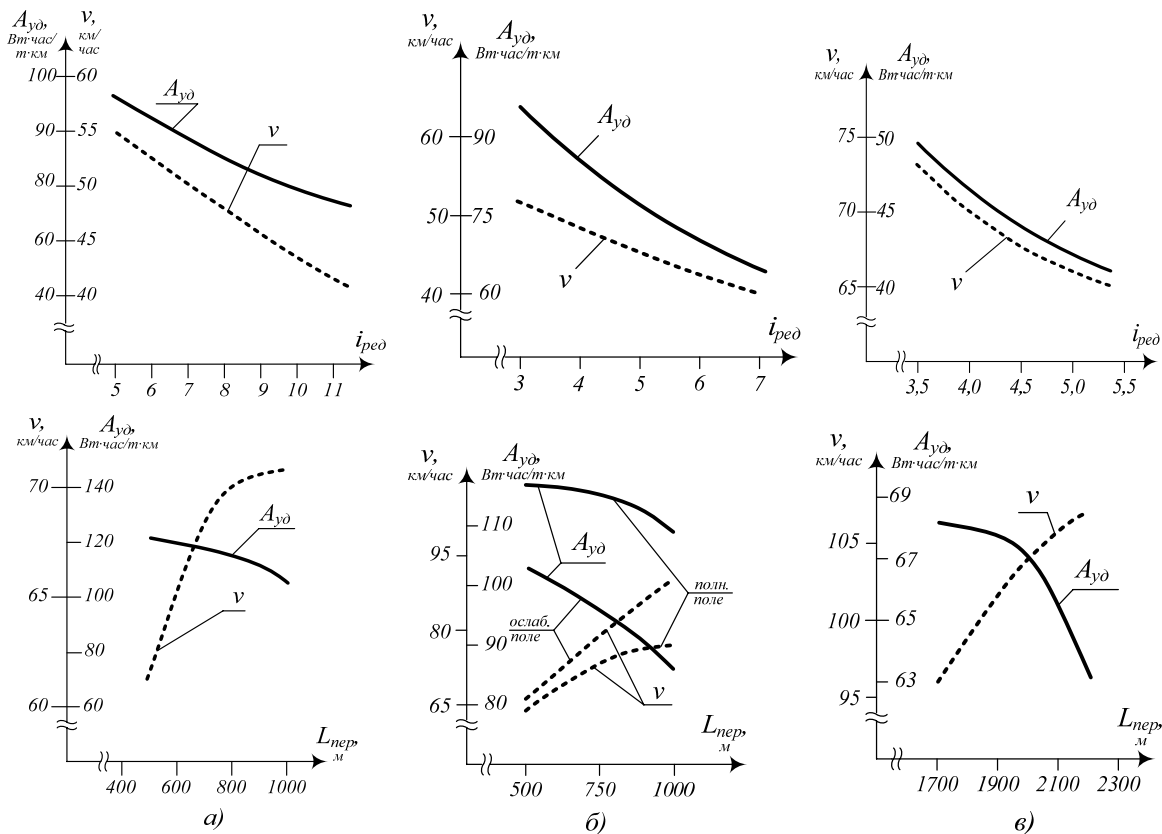


Рисунок 3 – Зависимости  $A_{yd}$  ( $i_{ред}$ ) и  $v$  ( $L_{пер}$ ) для различных ЭПС

На ЭПС безрельсового транспорта, где используется тяговый привод с дифференциальным редуктором передаточное отношение  $i_{ред} = 7,5...11$ , что при используемых диаметрах ведущих колёс однозначно предполагает использование двухступенчатого центрального или разнесённого редуктора. В последнем случае вторая ступень может содержать планетарный редуктор, КПД которого ниже, чем у обычного. Понижение уровня пола салона безрельсового ЭПС за счёт уменьшения диаметра колеса, также, как и на рельсовом транспор-

те возможно, но ограничено вследствие снижения несущей способности ведущих колёс. Достижимое при этом уменьшение величины  $i_{ред}$  не даёт возможности перехода к одноступенчатому варианту редуктора.

Стремление повысить максимальную скорость экипажа на перегоне в целях увеличения пропускной способности магистралей приводит к необходимости уменьшения передаточного числа  $i_{ред}$ , что в свою очередь снижает тяговое усилие, т.е. динамические показатели подвижного состава, а также влияет на расход энергии на движение [4]. В результате исследований влияния передаточного числа механической передачи на расход энергии в режиме пуска на примере однокузовного троллейбуса с двигателем ДК211А на перегоне в 500 м было выявлено, что потребление электроэнергии в удельной форме возрастает с 70 Вт·ч/(т·км) (при  $i_{ред} = 11,4$ ) до 96 Вт·ч/(т·км) (при  $i_{ред} = 5$ ). Максимальная скорость троллейбуса с номинальной нагрузкой на этом перегоне повысилась с 41 до 54 км/час (рисунок 3а).

Результаты аналогичных исследований для однокузовного трамвайного вагона и 7-мивагонного подвижного состава метрополитена приведены на рисунках 3б и 3в соответственно. Здесь же приведены зависимости удельного расхода энергии и максимальной скорости ЭПС на перегоне в функции его длины.

Таким образом, минимальные суммарные потери в тяговом приводе, определяемые его КПД

$$\eta_{прив} = \eta_{ИЭ} \eta_{пр} \eta_{ЭМПр} \eta_{МП} \eta_{де},$$

зависят в основном от схемного решения преобразователя, тягового электродвигателя и трансмиссии. Повышение КПД каждого из элементов привода при использовании рекуперативного или регенеративного торможения позволяет разработать экономичный тяговый электропривод.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Диагностирование электротранспортных систем / Б.В. Малозёмов, С.А. Аршинов, Г.Н. Ворфоломеев, В.В. Бирюков // Вест. Иркут. гос. техн. ун-та. -Иркутск, 2005. -№4 (24). -С. 81-85.
- 2 Сравнительный анализ элементной базы ключей для нужд электрической тяги на постоянном токе / А.П. Вертохвостов, Д.А. Чумачёв, В.В. Бирюков, Ю.А. Рылов // Транспорт: наука, техника, управление: науч. информ. сб. / ВИНТИ РАН. -М, 2008. -№6.
- 3 Определение мощности тягового двигателя подвижного состава по критерию минимума удельного расхода энергии / В.В. Бирюков, М.Ю. Никулин, А.В. Трейзе, Т.А. Ворок // Автоматизированные электромеханические системы: коллективная монография / под ред. В.Н. Аносова; Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск, 2004. -С. 235-240.
- 4 Бирюков, В.В. Определение параметров элементов тяговых приводов электрического транспорта / В.В. Бирюков // Транспорт: наука, техника, управление: науч. информ. сб. / ВИНТИ РАН. -М, 2008. -№6.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА**

Новосибирский государственный технический университет

**Е.А. Спиридонов**

Рассмотрено применение накопителей энергии в системе городского электрического транспорта для выравнивания нагрузок тяговых подстанций и тяговых сетей путем сглаживания формы кривой потребляемого поездом тока.

Стремление к снижению потребления подвижным составом электрической энергии, затрачиваемой на движение, за счёт применения рекуперативного торможения породило проблему эффективного использования возвращаемой энергии. Одним из путей решения этой проблемы является применение накопителей электроэнергии (НЭ), которые, как известно,



могут быть размещены на подвижном составе, на тяговой подстанции (ТП) или в межподстанционной зоне (МПЗ).

Каждый вариант размещения имеет свои достоинства и недостатки. Размещение НЭ на подвижном составе позволяет, с одной стороны, максимально снизить потери энергии при рекуперации, но с другой – затрачивать энергию на транспортировку накопителя. Кроме того, накопитель необходимо устанавливать на каждой единице подвижного состава, что требует больших капитальных затрат, чем при установке НЭ в системе электроснабжения. Однако требуемая емкость НЭ в этом случае значительно ниже.

Размещение НЭ в системе тягового электроснабжения способствует сглаживанию нагрузок выпрямительных агрегатов (ВА) тяговой подстанции вследствие того, что заряженный накопитель выступает в качестве дополнительного источника энергии. Питание электроподвижного состава (ЭПС) в этом случае осуществляется одновременно от тяговой подстанции и от НЭ. В зависимости от точки включения накопительного устройства в систему электроснабжения (на ТП или в межподстанционной зоне) изменяются и его функции:

– НЭ, установленный на тяговой подстанции, способствует только сглаживанию нагрузок выпрямительных агрегатов (ВА) ТП, выступая в данном случае в качестве выходного емкостного фильтра;

– НЭ, установленный в МПЗ, не только сглаживает нагрузки ВА ТП, но и способствует перераспределению токов в тяговой сети, за счёт чего снижаются потери энергии в тяговой сети, а, следовательно, и величина эффективного тока тяговой сети. Кроме того, повышается и средний уровень напряжения на токоприемнике ЭПС.

Однако в обоих последних вариантах дозаряд накопительного устройства осуществляется в режиме рекуперации, при этом часть энергии торможения теряется в элементах тяговой сети (в виде потерь на активном сопротивлении контактного провода). Ток рекуперации увеличивает величину эффективного тока секции контактной сети, что в свою очередь приводит к снижению пропускной способности линии по условиям максимального тока [1].

Размещение НЭ на ЭПС позволяет не только снизить токовую нагрузку тяговой сети (за счёт исключения тока рекуперации), но и предоставляет возможность формирования кривой тока, потребляемого из сети при пуске. На рисунке 1 в качестве примера исполнения движения по классической схеме «пуск – выбег – торможение» приведены: кривая 1-потребляемого из сети тока  $i_{\text{мот}}$  ЭПС; кривая 2-тока рекуперации  $i_{\text{рек}}$ ; кривая 3-эффективного тока  $I_{\text{эф}}$  сети при отсутствии рекуперации; 4-эффективного тока  $I_{\text{эф}}$  сети при наличии рекуперации с НЭ на ТП; 5-эффективного тока  $I_{\text{эф}}$  сети при наличии регенерации энергии торможения в НЭ на ЭПС. При размещении НЭ в МПЗ кривая эффективного тока сети будет располагаться между кривыми 4 и 5.

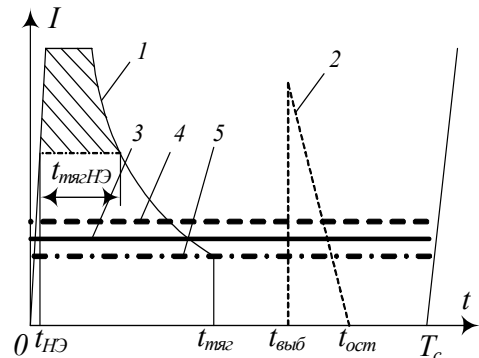


Рисунок 1 – Зависимость тока от времени при использовании НЭ для выравнивания кривой тока

Дополнительного уменьшения величины действующего тока сети при наличии рекуперации и установке НЭ на ЭПС можно достичь путём формирования кривой потребляемого из сети тока за счёт, например, разряда НЭ не с первых секунд пуска ЭПС, а в определенный момент времени  $t_{\text{НЭ}}$ , когда величина потребляемого тока подходит к заданному значению. В этом случае у кривой 1 производится «отсечение» верхней части (заштрихованная зона на рисунке 1)

Для более эффективного использования емкости НЭ необходимо заряжать НЭ не только в режиме торможения, но и в режиме выбега и на остановке.

Энергобаланс для НЭ в этом случае можно описать следующим образом:

$$U_c \int_{t_{\text{ост}}}^{T_c} i_{\text{зар}}(t) dt + U_c \int_{t_{\text{мяз}}}^{t_{\text{выб}}} i_{\text{зар}}(t) dt + U_c \int_{t_{\text{выб}}}^{t_{\text{ост}}} i_{\text{рек}}(t) dt = U_c \int_{t_{\text{НЭ}}}^{t_{\text{НЭ}} + t_{\text{мязНЭ}}} i_{\text{зар}}(t) dt, \quad (1)$$

где  $i_{\text{зар}}(t)$ ,  $i_{\text{рек}}(t)$ ,  $i_{\text{разр}}(t)$  – токи заряда НЭ в периоды выбега и остановки, рекуперации и разряда во время пуска соответственно;

$U_c$  – напряжение контактной сети.

Подынтегральные выражения представляют собой заряды, которыми обмениваются между собой тяговая сеть, тяговый электродвигатель и НЭ. Ток заряда накопителя определяется характеристиками НЭ, ток разряда – параметрами тягового двигателя, а ток рекуперации – режимом движения, профилем пути и т.д.

Проведённые исследования [2] показали, что при реализации троллейбусом классической схемы движения скорость начала торможения практически не зависит от длины перегона и составляет 30 км/час. При разгоне до 60 км/ч к моменту начала торможения подвижной состав сохраняет лишь 25% кинетической энергии от накопленной к моменту начала выбега. Часть этой энергии (до 10%) расходуется на преодоление сопротивления движению при выбеге и торможении до полной остановки, а часть – до 3% – в механических тормозах при дотормаживании со скорости 5...7 км/ч. Таким образом, в классическом варианте движения теоретически энергия рекуперации  $A_{рек}$  может составить до 20% (а с учетом КПД импульсного регулятора и мотора – до 17%) от накопленной экипажем к началу выбега.

При экстренном торможении доля энергии рекуперации

$$A'_{рек} = A_{рек} \frac{a_{служ}^2}{a_{экст}^2}, \quad (2)$$

что в процентном отношении составляет 14...18% от энергии рекуперации при служебном торможении или 2,5...3% от энергии от накопленной экипажем к началу выбега.

Расчётная формула для определения величины эффективного тока сети для случая расположения НЭ на ТП имеет вид

$$I_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T_c} \left( \int_0^{t_{выб}} i_{мот}^2(t) dt + \int_{t_{мор}}^{t_{ост}} i_{рек}^2(t) dt \right)}, \quad (3)$$

где  $i_{мот}$ ,  $i_{рек}$  – токи тягового двигателя и рекуперации, изображённые на рисунке 1 кривыми 1 и 2 соответственно;

$T_c$  – время нахождения ЭПС на перегоне с учётом времени стоянки.

Расчётная формула для определения величины среднего тока сети

$$I_{cp} = \frac{1}{T_c} \left( \int_0^{t_{выб}} i_{мот}(t) dt + \int_{t_{мор}}^{t_{ост}} i_{рек}(t) dt \right). \quad (4)$$

При размещении НЭ на ЭПС в качестве работающего параллельно с тяговой сетью источника формула (2) приобретает вид

$$I_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T_c} \int_0^{t_{выб}} i_{мот1}^2(t) dt}, \quad (5)$$

где  $i_{мот1}$  – составляющая тока тягового двигателя, потребляемая из сети в режиме спрямления формы тока поезда.

Расчётная формула для определения величины среднего тока сети

$$I_{cp} = \frac{1}{T_c} \int_0^{t_{выб}} i_{мот}(t) dt. \quad (6)$$

Если размещённый на ЭПС НЭ используется и для формирования кривой потребляемого из сети тока, то для определения эффективного тока сети справедлива формула (5), но кривая тока тягового двигателя имеет вид «усечённой» кривой 1, приведённой на рисунке 1.

Эффективность применения накопительного устройства для варианта одностороннего питания контактной сети можно оценить по критерию потерь энергии в ней, которые могут быть рассчитаны по формуле

$$A = I_{эф}^2 \cdot r_{кс} \cdot L_{пер} \cdot T_c, \quad (7)$$

где  $r_{кс}$  – удельное сопротивление контактной сети;

$L_{пер}$  – длина перегона.

Для оценки влияния длины перегона на величину эффективного тока и потери энергии в сети был проведен его расчет для подвижного состава троллейбуса массой 17 т, оснащенного тяговым двигателем постоянного тока ДК-213БМ, при изменении длины  $L_{пер}$  от стан-

дартной в 350 м до 1000 м (эквивалентный уклон 3 0/00). Результаты расчетов для различных схемных решений сильноточных цепей ЭПС (ИСУ – импульсная система управления, БНЭ – тяговый привод с буферным накопителем энергии [3], СГН – привод с накопителем энергии, работающем в режиме выравнивания тока поезда) представлены на рисунках 3 и 4.

Из проведенных расчетов видно, что выравнивание кривой потребляемого поездом тока позволяет в 3-5 раз снизить потери энергии в тяговой сети. Кроме того, наличие на ЭПС накопительного устройства позволяет в полном объеме запастись энергией торможения и существенно снизить потребление энергии на движение ЭПС.

Поскольку величина эффективного тока секции определяет ограничение пропускной способности тяговой сети [1], то для определения допустимого количества поездов на секции необходимо воспользоваться выражением

$$n = \frac{1}{2I_c} \left( \sqrt{A^2 + 4N^2} - A \right), \quad (8)$$

где параметры  $A$  и  $N$  определяются как

$$A = z_{cx} k_3^2; N = \frac{I_{доп} k_{cx}}{I_{эф}}; k_3 = (1,03...1,07) \sqrt{\alpha}; I_{доп} = 2S_{КС} k_{узн} j; \alpha = \frac{T_c}{t_{тяг}}, \quad (9)$$

где  $z_{cx}$  – коэффициент схемы, зависящий от схемы питания тяговой сети;

$k_3$  – коэффициент эффективности поездного тока;

$I_{доп}$  – допустимый ток секции;

$S_{КС}$  – сечение проводника контактной сети;

$k_{узн}$  – коэффициент износа проводника контактной сети.

На рисунке 4 графически отображены результаты расчета изменения пропускной способности сети в функции её длины при различных вариантах включения НЭ.

Расчеты показывают, что коррекция кривой тока, потребляемого поездом из сети, дает возможность значительного увеличения количества поездов на секции контактной сети (например, при длине секции 1,6 км с 3,2 до 6,5), либо существенно увеличить длину секции при сохранении среднего количества поездов. Увеличение длин секций, в свою очередь, способствует снижению количества тяговых подстанций и, как результат – снижению капитальных затрат и эксплуатационных расходов на функционирование электротранспортного комплекса.

Выводы:

1 Выравнивание нагрузок тяговых подстанций городского электрического транспорта дает максимальный эффект при установке накопительного устройства непосредственно на ЭПС;

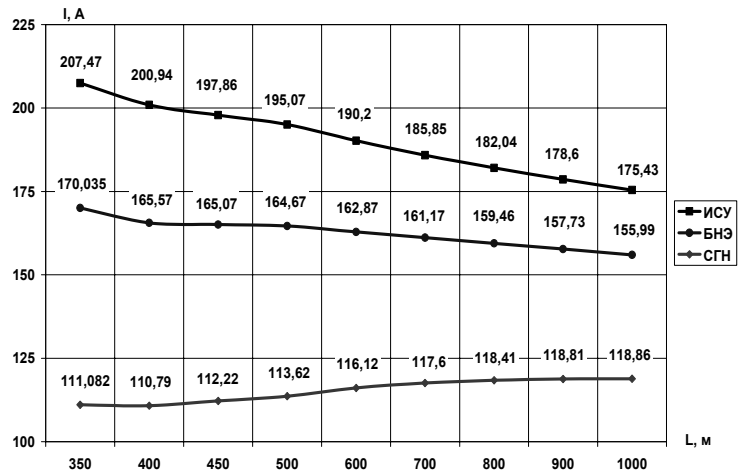


Рисунок 2 – Зависимости  $I_{эф}(L_{нер})$

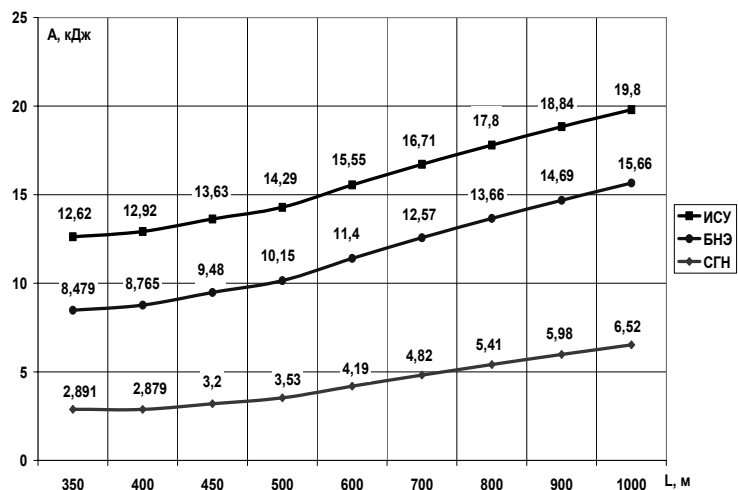


Рисунок 3 – Зависимости  $A(L_{нер})$

2 Накопитель энергии целесообразно разряжать не в начале процесса пуска ЭПС (как в буферном режиме [3]), а в определенный момент времени с тем, чтобы обеспечить корректировку формы кривой потребляемого тока;

3 Выравнивание формы кривой потребляемого тока позволяет в 3-5 раз снизить потери энергии в тяговой сети.

4 Использование НЭ для выравнивания формы тока ЭПС позволяет значительно увеличить длину межподстанционных зон, что приведет к снижению эксплуатационных затрат в транспортном комплексе.

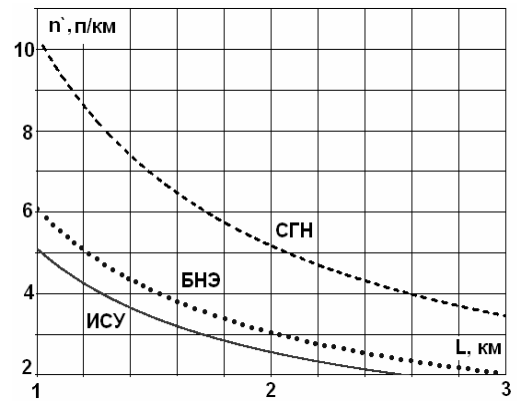


Рисунок 5 – Зависимость  $n'(L_{неп})$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог / К.Г. Марквардт. -М.: Транспорт, 1982. -528 с.

2 Бирюков, В.В. Рекуперативное торможение подвижного состава городского электрического транспорта: возможность, эффективность, целесообразность / В.В. Бирюков, Г.Н. Ворфоломеев // Вест. Иркут. гос. техн. ун-та. -Иркутск, 2006. -№4 (28). -С. 56-59.

3 Определение параметров накопительного устройства для электротранспортного комплекса / А.А. Штанг [и др.] // Электричество. -2007. -№6. -С. 53-56.

**О МЕТОДИКЕ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НАЗЕМНОМ ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТЕ**

Новосибирский государственный технический университет

**В.И. Сопов, А.А. Штанг, Ю.А. Прокушев, В.В. Бирюков**

Предложена методика нормирования расхода электроэнергии на эксплуатацию подвижного состава трамвая и троллейбуса на основе корреляции базисной величины удельного расхода электроэнергии посредством введения вероятностных коэффициентов, учитывающих случайные факторы.

Движение электрического подвижного состава (ЭПС) на маршруте представляет собой реализацию некоторого случайного процесса (СП). В связи с этим расход электрической энергии (ЭЭ) поездом даже в рамках одного маршрута существенно отличается от рейса к рейсу, а значит, задача нормирования расходов энергии на движение ЭПС заключается в определении основных характеристик энергопотребления как случайного процесса. При нормировании расхода ЭЭ различают [1] два вида норм: индивидуальную (на движение ЭПС) и групповую, включающую энергию на все нужды для обеспечения процесса функционирования ЭПС. Структурная схема распределения ЭЭ показана на рисунке 1.

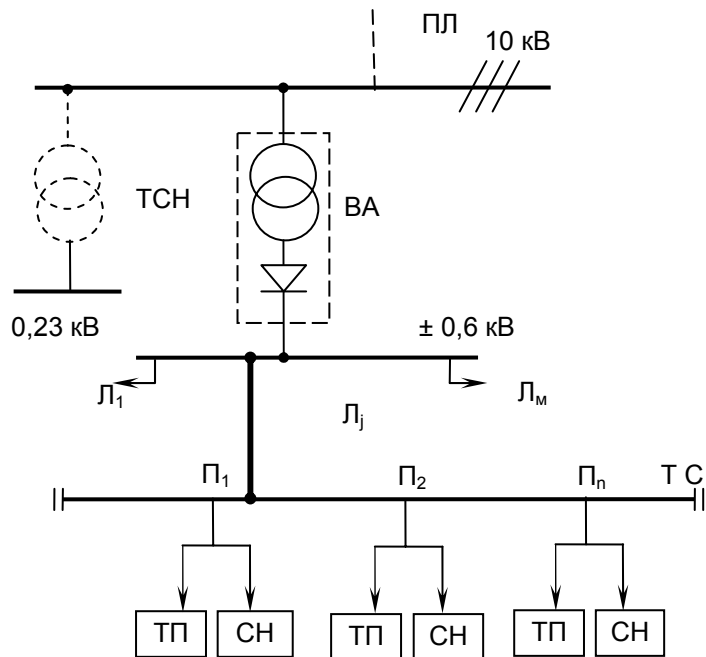


Рисунок 1 – Структурная схема распределения электрической энергии

Структурная схема включает в себя: ПЛ – питающую линию 10 кВ; ВА – выпрямительные агрегаты; ТСН – трансформатор собственных нужд; Л<sub>1</sub>...Л<sub>j</sub>...Л<sub>м</sub> – питающие линии участков тяговой сети; ТС – тяговая сеть; П – поезд; ТП – тяговый привод; СН – собственные нужды поезда.

В соответствии со структурной схемой часть групповой нормы агр для потребителей на постоянном токе можно представить

$$\begin{cases} a_{эп} = a_n + a_{пр} + a_э; \\ a_n = a_m + a_{сн}; \\ a_{пр} = a_{всп} + a_{ст}; \\ a_э = a_k + a_l + a_{ва} + a_{пл}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $a_n, a_{пр}, a_э$  – удельные нормы расходов энергии ЭПС на пассажирское (грузовое) движение, технологические (производственные) нужды и потери в системе электропитания соответственно;

$a_m, a_{сн}, a_{всп}, a_{ст}$  – нормы на тягу, собственные нужды ЭПС, вспомогательные пробеги и стэнды соответственно;

$a_k, a_l, a_{ва}, a_{пл}$  – нормы, связанные с потерями энергии в КС, фидерных линиях постоянного тока, выпрямительных агрегатах и питающих линиях соответственно.

Технологическая часть групповой нормы для потребителей на переменном токе далее не рассматривается. Расходы энергии на технологические нужды на постоянном токе следует учитывать при оценке потерь в системе электроснабжения.

Нормы расхода энергии могут быть определены расчётным (аналитическим [2], эмпирическим [1, 3]) и опытным путем. Норма расхода электроэнергии на нужды тяги вычисляется по формулам

$$a_m = \frac{U_c \cdot I_o}{G_n \cdot v_c}; \quad I_o = \frac{1}{T_\partial} \cdot \int_0^{T_\partial} I(t) \cdot dt, \quad (2)$$

где  $I_o$  – средний ток поезда за время движения  $T_\partial$ ;

$G_n$  – вес поезда;

$v_c$  – скорость сообщения;

$U_c$  – среднее напряжение в КС.

Норма удельных расходов на собственные нужды ЭПС

$$a_{сн} = \frac{P_{сн}}{G_n \cdot v_э}; \quad I_o = \frac{1}{T_\partial} \int_0^{T_\partial} I(t) dt, \quad (3)$$

где  $P_{сн}$  – средняя мощность потребителей собственных нужд;

$P_{снi}$  – номинальная мощность  $i$ -го потребителя;

$K_{исп i}, K_{в i}$  – коэффициенты использования и включения  $i$ -го потребителя;

$v_э$  – эксплуатационная скорость.

В соответствии с [3] средний ток поезда при наполняемости салона по вместимости определяется по формуле

$$I_o = I_\partial K_v K_i K_n K_y + I_{сн}, \quad (4)$$

где  $I_\partial, I_{сн}$  – средние токи на тягу и собственные нужды, определяемые при базовых условиях для лета и зимы.

Согласно [1] индивидуальная норма на нужды тяги определяется по формуле

$$a_m = a_0 K_i K_v K_m, \quad (5)$$

где  $a_0$  – индивидуальная норма на тягу при базовых условиях.

Аналитические исследования влияния режима ведения поезда на перегоне, проведенные авторами, показали, что при соблюдении графика движения (поддержании средней скорости движения на перегоне) расход энергии на движение при повторном пуске (рисунок 2) возрастает в зависимости от длины перегона на 12...17%, при трех пусках – до 25%. Расчеты проводились для случая движения на обособленном полотне и не учитывали критических

ситуаций. Поэтому для случая двух пусков на перегоне в точке а кривой движения  $V_1(I)$  начинался выбег, завершавшийся в точке в кривой  $V_2(I)$  повторным пуском.

В действительности точка а может находиться в любом месте кривой движения, а при возникновении критической ситуации пуск как правило завершается режимом торможения до любой скорости, в том числе и до полной остановки.

На рисунке 3 показаны осциллограммы потребляемых токов при трехкратном проезде одного из перегонов в г. Новосибирске, полученные на магнитографе в опытах для троллейбуса [4] с импульсным регулятором.

Из осциллограмм видно, что кривые  $I(t)$  существенно различны, носят случайный характер и могут определяться как случайные процессы (СП). Для оценки норм расхода энергии в этом случае следует найти математическое ожидание СП  $I(t)$ . Обозначим:  $M[I(t)] = m_i(t)$ . Норму в этом случае можно определить по формуле

$$a_m = \frac{U_{oc}}{G_n \cdot L} \int_0^{T_0} m_i(t) dt,$$

где  $U_{oc}$  – среднее напряжение на токоприёмнике за время движения  $T_0$ ;

$L$  – длина перегона.

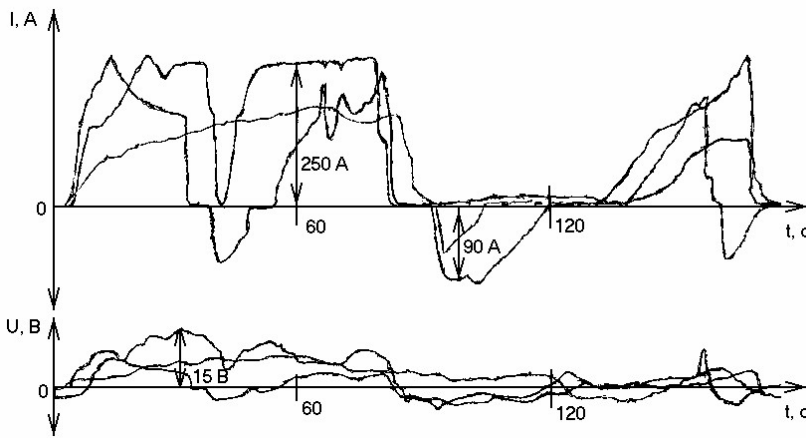


Рисунок 3 – Осциллограммы  $I(t)$  и отклонения напряжения  $U(t)$

его значения, которое может квалифицироваться как случайная величина.

Измерения расхода энергии на собственные нужды (рисунок 5) показали, что в зимнее время он составляет до 30...40% от энергии на нужды тяги, в летний период (при отключённых отопительных приборах) – до 7...14%.

Проведённые исследования показали, что норму расхода электроэнергии подвижным составом целесообразно устанавливать для каждого маршрута, а в некоторых случаях – для каждого транспортного предприятия или для сети в целом. Последние необходимо определять как средневзвешенные величины.

Полученная на основе аналитических расчётов [5] норма расхода энергии  $a_{mp}$  принимается за базовую для данного перегона и коррелируется далее посредством коэффициентов, учитывающих стохастический характер внешних факторов – таких, как помехи попутного транспорта, состояние пути, режим ведения поезда, напряжение на токоприёмнике, метеоусловия и пр. Перечень основных случайных факторов, влияющих на расход энергии поез-

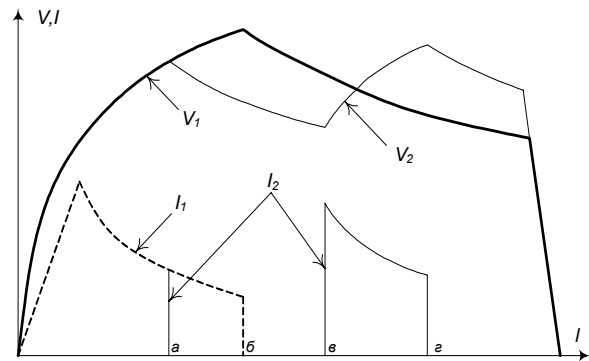


Рисунок 2 – Кривые при одном  $V_1(I), I_1(I)$  и двух  $V_2(I), I_2(I)$  пусках на перегоне

По результатам измерения величин основного сопротивления движению ( $w_0$ ) вагонов, полученным в опытных поездках на трамвайном вагоне Т-3М по маршрутам г. Барнаула, летние и зимние значения в начале рейса отличается в 2,3 раза, а в конце – почти в 3 раза (рисунок 4). В конце рейса значения ( $w_0$ ) снижаются в 1,2÷1,5 раза. Согласно [4] увеличение ( $w_0$ ) зимой должно быть не более чем в 1,15 раза. Собранные по ( $w_0$ ) данные показывают на широкий разброс

дом, и обозначения коэффициентов для их учёта показаны в таблице.

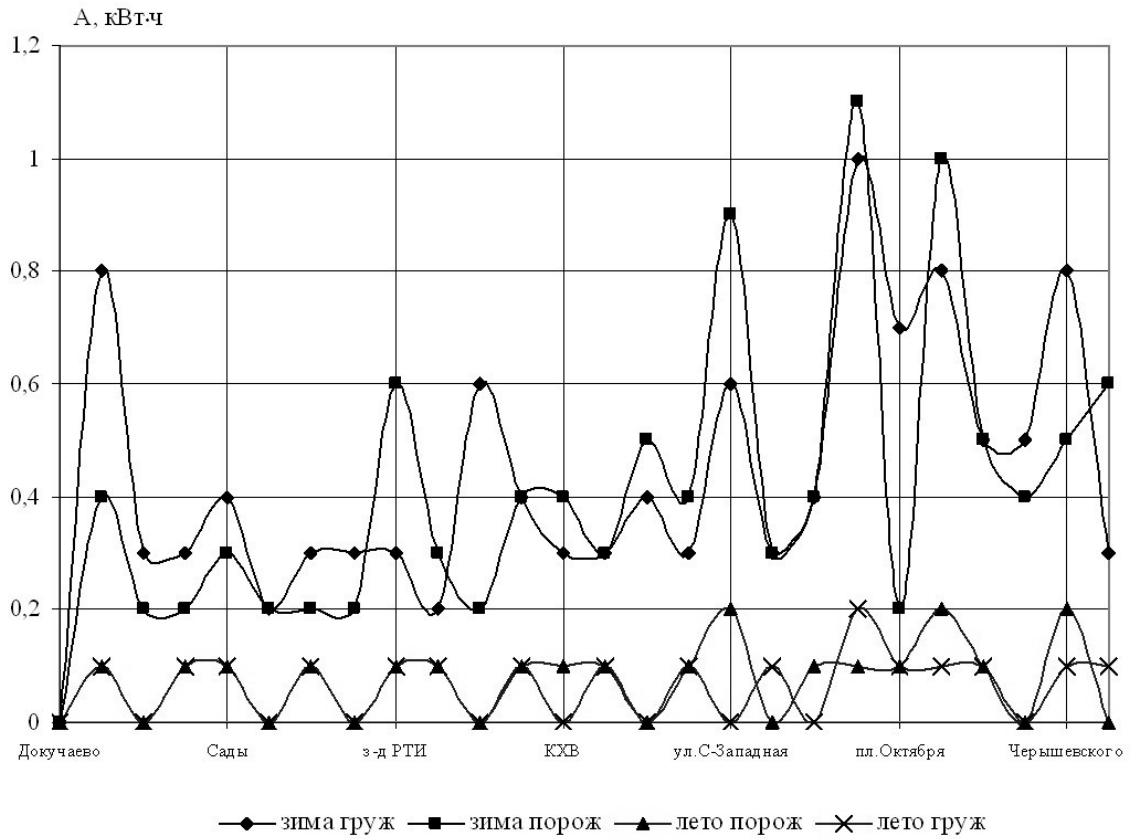


Рисунок 4 – Энергопотребление на нужды тяги

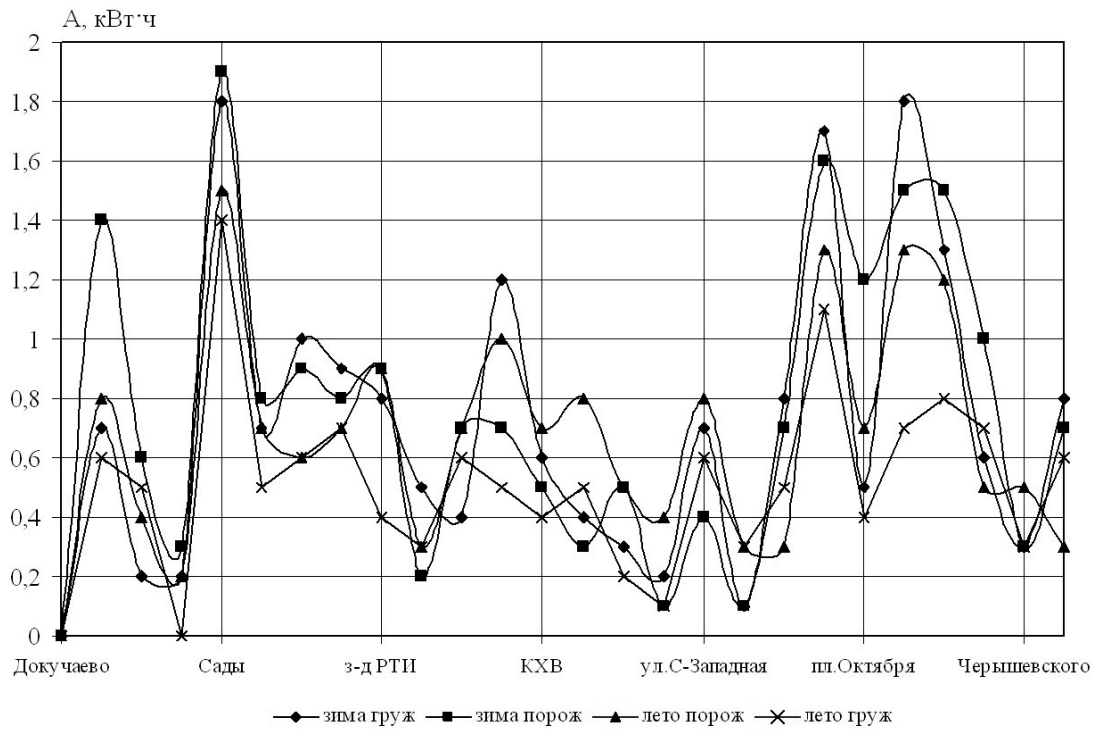


Рисунок 5 – Энергопотребление на собственные нужды

С учётом принятых обозначений индивидуальная норма на нужды тяги  $a_m$  определится как:

$$a_m = a_{тр} K_C = K_{пл} K_u K_M,$$

где  $K_C$  – коэффициент учёта случайной составляющей в норме;

$K_{\Pi}$  – коэффициент учёта путевых помех,

$$K_{\Pi} = K_m \cdot K_j \cdot K_w \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_t.$$

Для определения нормы  $a_m$  достаточно определить математическое ожидание  $M[K_c]$  для периодов года со схожими погодными условиями.

Величину  $M[K_c]$  можно найти по статистическим данным о расходах энергии ЭПС в рейсах по маршруту. В случае установления закона распределения вероятностей случайной величины  $K_c - f(K_c)$  -возможно решение задачи путём имитационного моделирования с использованием метода статистических испытаний.

На рисунке 6 приведены расчетные (базовые) и экспериментальные кривые энергопотребления при движении трамвая по маршруту. Расхождение экспериментальных и полученных при моделировании величин расхода электроэнергии по одному и тому же перегону свидетельствуют о присутствии в этих величинах случайной составляющей. Для учета влияние случайных факторов в результаты расчетов по детерминированным факторам и вводятся указанные выше поправочные коэффициенты.

Таблица – Основные случайные факторы, влияющих на расход энергии поездом

Наименование случайных факторов	Обозначения коэффициентов
Помехи попутного транспорта	$K_m$
Межпоездные интервалы	$K_j$
Состояние пути (дорожного полотна)	$K_w$
Перекрёстки, специальные части пути и контактной сети	$K_c$
Режим ведения поезда	$K_e$
Напряжение на токоприёмнике	$K_u$
Метеоусловия	$K_m$
Суточное время рейса	$K_t$

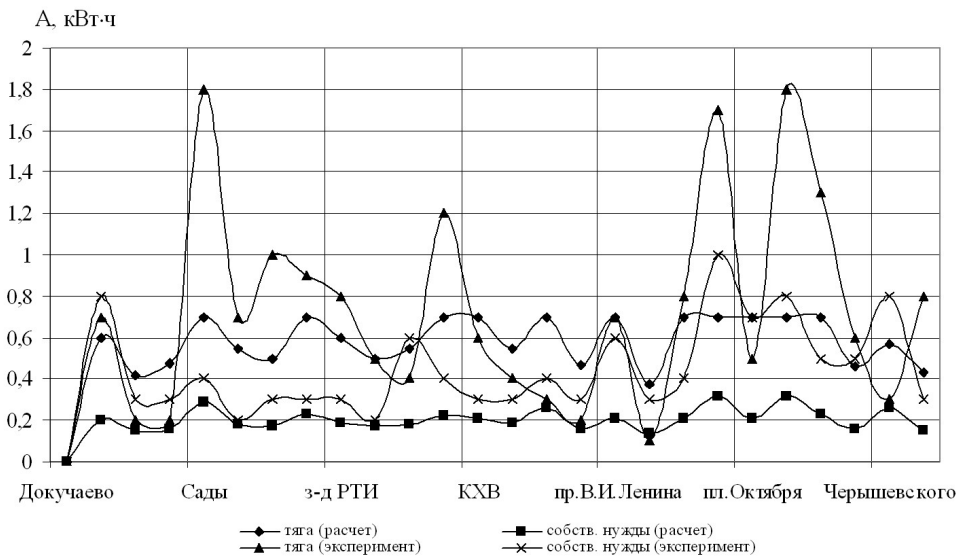


Рисунок 6 – Расчетные и экспериментальные кривые потребления энергии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методические указания по планированию, учёту расхода электрической энергии трамвайным и троллейбусным транспортом и рекомендации по экономии электроэнергии: Р-29-284702-0365-96 / М-во трансп. Рос. Федерации, Федерал. автомоб.-дорож. служба. -М., 1997. -47 с.

2 Розенфельд,

В.Е. Теория электрический тяги / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров. -М.: Транспорт, 1983. -328 с.

3 Нормы и правила проектирования систем электроснабжения трамваев и троллейбусов. -М.: МЖКХ РСФСР, ОНТИ АКХ, 1983. -56 с.

4 Кобозев, В.М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта / В.М. Кобозев. -М.: Высш. шк., 1982. -328 с.

5 Исследования энергетических показателей троллейбусов / В.И. Сопов, Н.И. Щуров, Ю.А. Прокушев, А.А. Штанг // Совершенствование технических средств электрического транспорта: сб. науч. тр. / Новосиб. гос. техн. ун-т. -Новосибирск, 2002. -Вып. 3. -С. 142-153.



## ВЕЙВЛЕТ - АНАЛИЗ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Новосибирский государственный технический университет

В.Б. Филипп, Н.И. Щуров

Показан метод определения и расчета показателей нестационарных процессов в системе электротранспортного комплекса. Данный метод обладает рядом достоинств по отношению к наиболее распространенному преобразованию Фурье и позволяет адекватно оценить мощностные и амплитудно-частотные характеристики нестационарных сигналов, характерных для электротранспортного комплекса.

Известно, что электрический транспорт является одним из наиболее сложных электротехнических комплексов с точки зрения оценки динамики протекающих в нем процессов. Такие нестационарные процессы (электрические, механические, электромагнитные и др.) вызваны работой элементов электротранспортного комплекса, а также случайными явлениями, связанными с эксплуатацией электроподвижного состава (ЭПС). Под оценкой динамики процессов следует понимать определение количественных или качественных показателей нестационарных процессов, характерных для всей системы электрического транспорта. Анализ некоторых особенностей электрических процессов показывает наличие факторов, которые снижают эффективность и качество функционирования всех звеньев этого сложного комплекса. К таким факторам относятся: отклонения токов и напряжений от номинальных значений; резкие изменения тока нагрузки, а также нелинейность элементов узлов и агрегатов ЭПС; состояние путевой структуры; импульсы перенапряжений, возникающие при коммутационных процессах в питающей сети и силовых цепях ЭПС и др. Существование этих факторов, требует разработки новых методов исследования и диагностики.

Важной особенностью поведения сложных динамических систем является существенная нестационарность, вплоть до хаотичности порождаемых ими сигналов. Традиционный спектральный анализ на базе преобразования Фурье (ПФ) оказывается неэффективным для нестационарных сигналов, т.е. сигналов, частотное наполнение которых изменяется во времени [1]. Поэтому для спектрального анализа сигналов такой природы может быть применен вейвлет-анализ [1, 2].

Известно, что результат вейвлет-преобразования (ВП) представляет собой функцию двух переменных: масштаба анализа и сдвига вейвлета по оси времени. Отличительной особенностью анализа с использованием вейвлет - преобразования является его высокая чувствительность к кратковременным высокочастотным флуктуациям сигнала, так как окно вейвлета обеспечивает адекватную оценку таких флуктуаций за счёт одновременного увеличения амплитуды окна при уменьшении его ширины.

Однако применение вейвлетов сопряжено с трудностями корректного выбора подходящего вейвлета из их широкого многообразия. Существуют трудности достоверного определения амплитуды спектральных компонент разных масштабов анализа, что затрудняет оценить вклад каждой из них в общую картину поведения исследуемого процесса [1, 3].

Непрерывное ВП производится путём вычисления скалярного произведения между анализируемой функцией  $s(t) \in L^2R$  и двухпараметрической вейвлет - функцией  $\psi_{a,b}(t)$ , образованной из базовой вейвлет - функции  $\psi(t)$

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{\psi}{\sqrt{a}} \left( \frac{t-b}{a} \right). \quad (1)$$

Вейвлет - преобразование задается непосредственно аналитически и вычисляется по формуле

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cdot \psi_{a,b}^*(t) dt, \quad (2)$$

где  $s(t)$  – исследуемый сигнал;

$\psi_{a,b}^*(t)$  – масштабирующая двухпараметрическая функция (\* - комплексное сопряжение).

Параметр ( $a$ ) определяет масштаб вейвлета, изменение этого параметра приводит к его сжатию или растяжению, меняется и центральная частота вейвлета. Малые значения параметра  $a$  соответствуют высоким частотам или очень мелкому масштабу  $\psi_{a,b}(t)$ ; большие значения  $a$  соответствуют малым частотам или большому масштабу  $\psi_{a,b}(t)$ . Зависимость центральной частоты ( $f$ ) вейвлета от масштаба  $a$  можно выразить как  $f = f_0/a$ , где  $f_0$  - центральная частота вейвлета при  $a = 1$ . Параметр  $b$  задаёт положение центра временной локализации вейвлета и называется сдвигом. С помощью сдвигов и сжатий базового вейвлета  $\psi_{a,b}(t)$  образуется двухпараметрическое семейство вейвлетов.

Таким образом, непрерывное ВП можно рассматривать как разложение анализируемой функции  $s(t)$  по всем возможным сдвигам и масштабам вейвлета  $\psi(t)$ , получая частотно-временное описание  $s(t)$ . При этом параметры  $a$  и  $b$  могут меняться непрерывно в пределах областей их определения.

Вейвлет должен быть хорошо локализован как во временной, так и в частотной областях. Для этого достаточно чтобы вейвлет-функция была сконцентрирована на конечном пространственном интервале и обладала достаточной регулярностью.

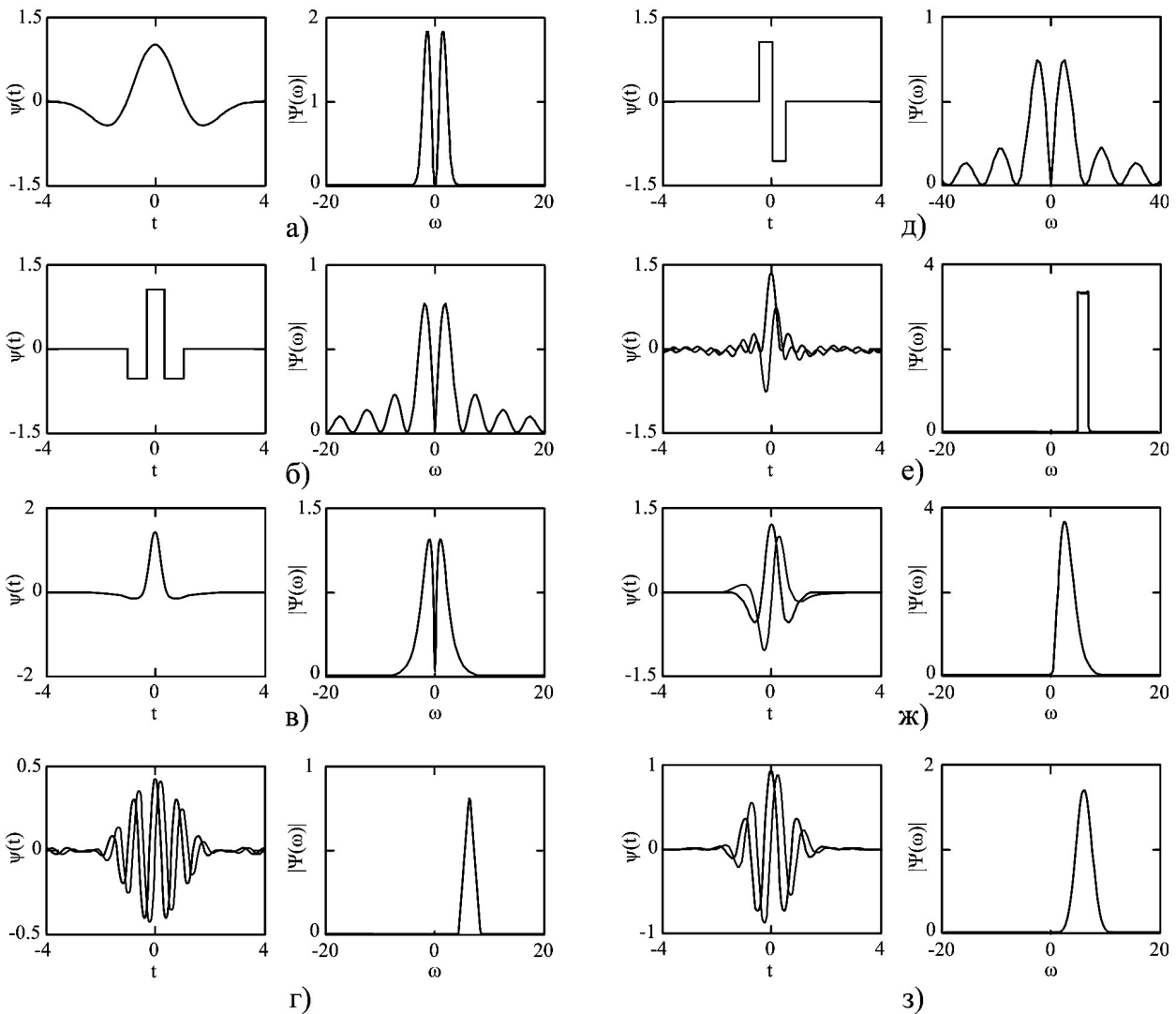


Рисунок – Вейвлеты непрерывного вейвлет-анализа: а)-вейвлет «Мексиканская шляпа»; б)-вейвлет «Французская шляпа»; в)-вейвлет Пуассона; г)-В-сплайновый вейвлет; д)-вейвлет Хаара; е)-вейвлет Шеннона; ж)-вейвлет Пауля; з)-вейвлет Морле

Очевидно, что выбор анализирующего вейвлета является важной задачей и зависит от вида анализируемых данных, а также от типа информации, которую необходимо получить в

ходе анализа. Следует помнить и тот факт, что вейвлет-коэффициенты несут информацию, как об анализируемых данных, так и об анализирующем вейвлете.

На рисунке показаны вейвлеты, наиболее приспособленные [4] для анализа нестационарных процессов в электротехнических комплексах.

Одной из важных характеристик вейвлета является его ширина. Общее разрешение вейвлета представляет собой баланс между шириной вейвлета в пространстве времени и его шириной в пространстве частот. Более узкий во времени вейвлет имеет хорошее разрешение по времени и плохое по частоте. И наоборот, более широкий во времени вейвлет имеет плохое разрешение по времени и хорошее по частоте.

На первом этапе гармонического анализа строятся несколько вейвлетов в пространстве времени и пространстве частоты, затем производится оценка их форм локализации в обоих пространствах. Параметры локализации и аналитические выражения показанных на рисунке вейвлетов приведены в [4]. Сравнение параметров локализации вейвлетов показало, что вейвлет Морле удовлетворяет принципу неопределенности Гейзинберга и позволяет получить вейвлет-спектры сопоставимые со спектрами Фурье. Аналитически вейвлет Морле задается выражением:

$$\psi(t) = \exp(-t^2/f_b) \exp(j2\pi f_c t), \tag{4}$$

где  $f_b$  – ширина полосы пропускания;

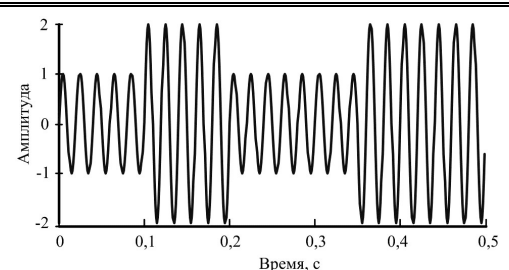
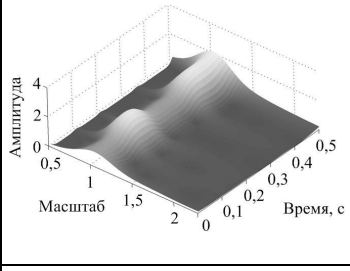
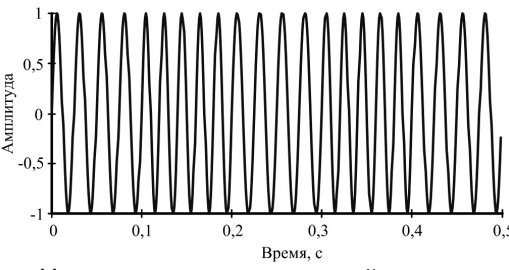
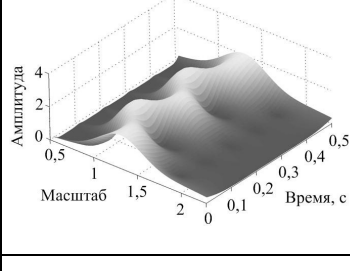
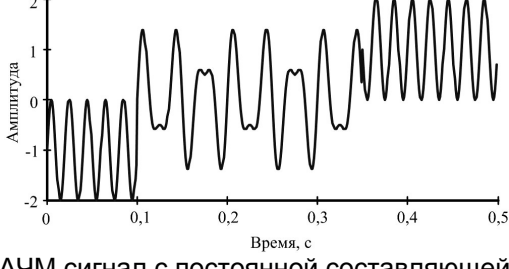
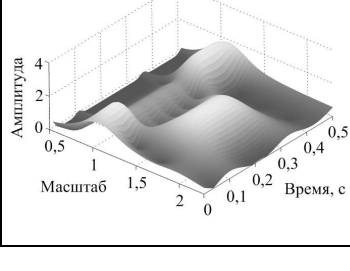
$f_c$  – центр полосы пропускания.

Выбор параметров  $f_c$  и  $f_b$  вейвлета должен

диктоваться условиями решаемой задачи. При этом необходимо помнить о существующих международных стандартах выбора ширины анализирующего окна при анализе гармонических составляющих. Стандарты разработанные Международной Электротехнической Комиссией (IEC) IEC 61000-4-7 (Ed.1) и IEC 61000-4-7 (Ed.2) для оценки гармонических и межгармонических составляющих рекомендуют выбирать ширину окна в 10 периодов для систем в который базовой является частота 50 Гц. Такой выбор продиктован тем, что частотное разрешение при анализе Фурье будет составлять 5 Гц. В большинстве случаев, в том числе для анализа сигналов с частотами кратными 50 Гц, целесообразно следовать этому требованию.

Таким образом, следуя стандартам, ширина эффективного носителя вейвлета, при  $f_c = 50$  Гц, должна быть равной 0,2 с. После выбора параметров  $f_c$  и  $f_b$ , производится вычисление вейвлет-преобразования по формуле (2), а выбор метода вычисления основывается на условиях работы алгоритма.

Таблица – Вейвлет-анализ некоторых типов модельных сигналов

Графическое представление сигнала	Вейвлет-спектр сигнала
 <p>Амплитудно-модулированный сигнал</p>	
 <p>Частотно-модулированный сигнал</p>	
 <p>АЧМ сигнал с постоянной составляющей</p>	

Как упоминалось ранее, коэффициент  $W(a, b)$  определяет корреляцию между вейвлет-функцией помещенной в точку  $b$  и какой-либо особенностью сигнала с центром в точке  $b$ . В соответствии с (2) в среде математического моделирования MATLAB разработан алгоритм анализа гармонического состава сигналов. Результат вейвлет-анализа некоторых тестовых сигналов приведен в таблице.

Вейвлет-спектр  $W(a, b)$  представляет собой двухмерный массив вейвлет-коэффициентов, каждый из которых соответствует некоторому масштабу  $a$  и смещению  $b$ . Способы визуализации этой информации различны, в данном случае – результаты отображены в виде поверхности в трёхмерном пространстве, что является более наглядным с точки зрения оценки динамики процесса.

Выводы. Для решения задачи гармонического анализа нестационарных процессов в элементах ЭПС обоснован выбор анализирующей функции – вейвлета Морле, и на основании действующих стандартов определены его параметры.

Разработан алгоритм вейвлет - анализа и показан гармонический анализ некоторых модельных сигналов (см. таблицу). Результат анализа показал высокую эффективность определения количественных показателей нестационарных процессов характерных для системы электрического транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Астафьева, Н.М. Вейвлет - анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Сб. науч. тр. ИКИ РАН. -М., 1996. -Вып. 11. -С. 1145-1170.

2 Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши; под ред. А.П. Петухова; пер. с англ. Е.В. Мищенко. -Ижевск: НИЦ РХД, 2001. -464 с.

3 Wave propagation and sampling theory / J. Morlet, G. Arens, I. Fourgeau, D. Giard // Geophysics. -1982. -№47. -Р. 203-236.

4 Филипп, В.Б. Вейвлет – преобразование как метод спектрального анализа тока тяговой сети в системе электрического транспорта / В.Б. Филипп, Н.И. Щуров // Сб. науч. тр. НГТУ. -Новосибирск, 2006. -№3 (45). -С. 79-84.

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДОМ СЕКЦИОННОГО РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

Новосибирский государственный технический университет

**С.М. Кузнецов, А.В. Мятёж, С.В. Мятёж**

Рассмотрено практическое применение разрабатываемой технологии управления синхронными двигателями с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ). В качестве примера приведены практические результаты, полученные при использовании СДПМ для управления приводом разъединителя. Применение СДПМ сопряжено с необходимостью использования специальных устройств управления, однако является оправданным, поскольку при этом повышаются энергетические показатели и расширяются функциональные возможности привода.

Анализ материалов научных исследований в области систем электропривода позволяет отметить следующие тенденции [1, 2]:

– Неуклонно снижается доля систем привода с двигателями постоянного тока и увеличивается доля систем привода с двигателями переменного тока. Это связано с низкой надежностью механического коллектора.

– По прогнозам специалистов в начале следующего века доля приводов постоянного тока сократится до 10% от общего числа приводов в пользу приводов переменного тока.

– В связи с резким удешевлением статических преобразователей частоты доля частотно-регулируемых асинхронных электроприводов быстро увеличивается.

Естественной альтернативой коллекторным приводам постоянного тока являются приводы с электронно-коммутируемыми двигателями. В качестве исполнительных бесколлекторных двигателей постоянного тока (БДПТ) преимущественное применение получили синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ).

Рост степени интеграции в микропроцессорной технике обусловили тенденцию массовой замены аналоговых систем управления приводами на системы прямого цифрового управления, под которой понимается обеспечение возможности прямого ввода в микроконтроллер сигналов различных обратных связей (независимо от типа сигнала: дискретный, аналоговый или импульсный) с последующей программно-аппаратной обработкой внутри микроконтроллера.

Современный электропривод представляет собой конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления. Он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую в соответствии с алгоритмом работы технологической установки. Сфера применения электрического привода постоянно расширяется. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода

*Таблица 1 – Технические характеристики привода разъединителя УМП-2*

Наименование параметра	Величина
Номинальная мощность МПТ, Вт	250
Напряжение питания, В	220
Максимальный крутящий момент, Н·м	345
Род тока	однофазный переменный или постоянный
Управление приводом	дистанционное и ручное
Угол поворота выходного вала, град.	90±5
Время переключения привода, с	2,5
Габаритные размеры	518×395×350

является приоритетным направлением развития современной техники. Отмеченные тенденции развития электропривода распространяются и на объекты электрического транспорта. Например, ведутся исследования по созданию компактных мехатронных систем управления тяговыми двигателями, механизмами привода дверей, коммутационными аппаратами (автоматические выключатели, разъединители и т.п.) [3, 4].

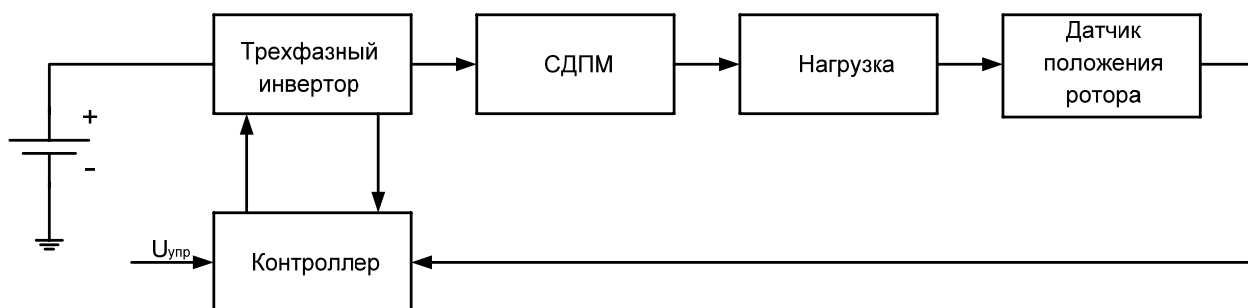
Разъединитель – контактный коммутационный аппарат высокого напряжения, предназначенный для включения под напряжение и отключения участков электрических цепей без тока нагрузки [5]. Технические характеристики привода приведены в таблице 1.

Изначально разработанный механизм привода разъединителя включал в себя электродвигатель постоянного тока и двухступенчатый редуктор, первая ступень – цилиндрическая, вторая – червячная. В зимних условиях работы секционного разъединителя существенно возрастают нагрузки на электродвигатель. С целью предотвращения возможных поломок элементов редуктора в конструкции предусмотрены фрикционные элементы. Но они не способны спасти двигатель постоянного тока (ДПТ) от перегрузок; не выдерживая их, ДПТ зачастую сгорают.

В процессе разрабатываемой технологии по модернизации привода разъединителя была произведена замена двигателя постоянного тока (ДПТ) на СДПМ.

Современные СДПМ способны развивать на валу большой момент, поэтому в ходе модернизации использована возможность исключения цилиндрической ступени редуктора. Червячная ступень оставлена с целью сохранения необходимых свойств для разъединителя – эффективное самоторможение.

Для управления СДПМ была разработана специальная система управления, которая в себя включает: блок питания, автономный трехфазный инвертор, контроллер и драйверы управления (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Структурная схема управления СДПМ*

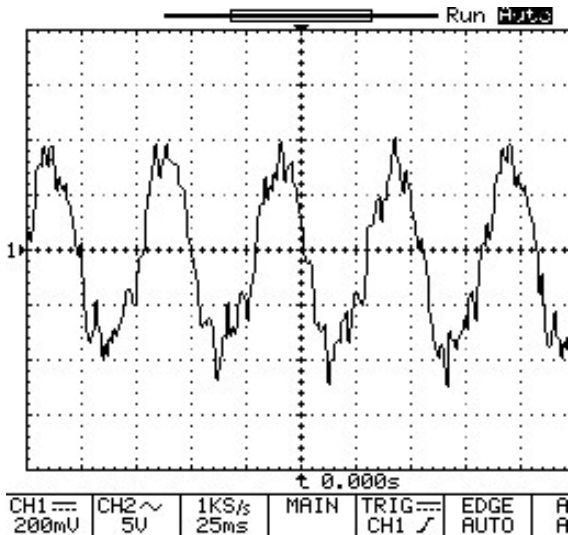


Рисунок 2 – Осциллограммы фазного тока СДПМ под нагрузкой

Программируемый контроллер – однокристалльный, задает нужный режим работы трехфазного инвертора, и управляет формированием трехфазной системы токов, варьируемой по частоте от 0 до 30...50 Гц. На рисунке 2 приведена осциллограмма тока в одной из фаз СДПМ.

В штатном режиме система управления обеспечивает нормальный режим работы СДПМ, и одновременно защищает от возможных перегрузок. Исследования показали, что развиваемый крутящий момент на главном валу модернизированного привода с СДПМ не уступает крутящему моменту на главном валу исходного привода с МПТ. Кроме того, в модернизированном приводе реализована защита от пониженного напряжения и коротких замыканий.

В результате экспериментальных исследований получены технические характеристики модернизированного привода разъединителя, кото-

рые сведены в таблице 2.

Система управления имеет возможность перепрограммирования фиксированного числа оборотов вала СДПМ для фиксации подвижной части разъединителя в нужных положениях, без помощи концевых выключателей, которые в данном случае использованы как дублирующие элементы, повышающие надежность работы в целом.

Таким образом, разработанная система управления приводом секционного разъединителя с СДПМ, обладает явными преимуществами перед устаревшими приводами с МПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козаченко, В.Ф. Новые DSP-микроконтроллеры фирмы Analog Devices ADMC300/330 для высокопроизводительных систем векторного управления электроприводами переменного тока / В.Ф. Козаченко, А.В. Соловьев // CHIP NEWS. -1998. -№5. -С. 16-21.
- 2 Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к микроконтроллерам [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/99\\_01/stat\\_2.htm](http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/99_01/stat_2.htm)
- 3 Корельский, Д.В. Обзор современных методов управления синхронными двигателями с постоянными магнитами / Д.В. Корельский, Е.М. Потапенко, Е.В. Васильева // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. -2001. -№5. -С. 155-159.
- 4 Панкратов, В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники / В.В. Панкратов // Силовая интеллектуальная электроника: специализир. информац.-аналитич. журн. -2005. -№2. -С. 27-31.
- 5 Яковлев, В.Н. Разъединители высоковольтные и приводы / В.Н. Яковлев: учеб. пособие. -Самара: СамИИТ, 2002. -34 с.

Таблица 2 – Технические характеристики модернизированного привода разъединителя

Наименование параметра	Величина
Номинальная мощность СДПМ, Вт	120
Максимальная мощность СДПМ (в форсированном режиме), Вт	400
Напряжение питания системы управления, В	12
Максимальный крутящий момент, Н·м	350
Управление приводом	дистанционное и ручное
Дополнительный мониторинг привода	контроль и передача данных: – положения главного вала; – электрических величин и крутящего момента
Угол поворота выходного вала, град.	90±5
Время переключения привода, с	2,5
Габаритные размеры	518×395×350

## ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ СКОТТА НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Новосибирский государственный технический университет

Г.Н. Ворфоломеев, С.А. Евдокимов, П.В. Морозов, В.И. Сопов

Рассмотрен вариант системы тягового электроснабжения железных дорог 2 X 25 кВ на основе трансформаторной группы Скотта. В сравнении с типовой схемой с однофазными трансформаторами обеспечивается лучшая симметрия токов и напряжений в питающей сети, улучшается использование установленной мощности трансформаторов

В настоящее время на железных дорогах переменного тока, как в России, так и за рубежом используются различные схемные решения систем электроснабжения. В России на тяговых подстанциях переменного тока утвердилась схема с двумя однофазными трансформаторами [1], в Японии и Северной Корее применяются трансформаторы Скотта [2, 3].

Что касается российских железных дорог, то для питания тяговых нагрузок переменного тока на тяговых подстанциях устанавливаются однофазные трансформаторы (рисунок 1), средняя точка вторичных обмоток которых соединена с рельсом; начала обмоток соединяются с контактными проводами, а концы обмоток соединены с питающими проводами, подвешенными на опорах контактной сети. Напряжение между контактными и питающими проводами 50 кВ, а между контактным проводом и рельсом 25 кВ. Эту систему электроснабжения называют системой 2×25 кВ. Для того, чтобы уменьшить падения напряжения и потери мощности, в межподстанционной зоне на расстоянии 7...25 км устанавливаются автотрансформаторы с коэффициентом трансформации, близким к двум. На каждой тяговой подстанции установлены два трансформаторных агрегата. Каждый из них предназначен для питания двухпутных участков разных направлений.

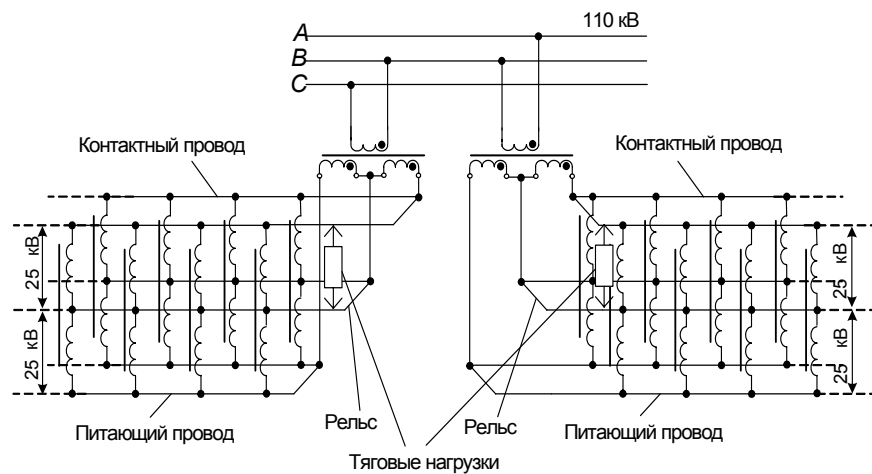


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы электроснабжения 2×25 кВ с двумя однофазными трансформаторами

Для расчета режимов совместной работы нагрузок, тяговых плеч, трансформаторов на тяговой подстанции и питающей трехфазной сети, необходимо получить математические описания. Рассмотрим электромагнитные процессы в электротехническом комплексе «Питающая трехфазная сеть – однофазные трансформаторы на тяговой подстанции – нагрузка тяговых плеч». Воспользуемся схемой замещения системы электроснабжения (рисунок 2а) и векторными диаграммами для первичной (рисунок 2б) и вторичных (рисунок 2в) электрических цепей однофазных трансформаторов Т1 и Т2. Пренебрегая токами холостого хода трансформаторов, составим уравнения магнитодвижущих сил:

– для трансформатора Т1:

$$i_A W_1 - i_{кн1} W_2 + i_{пн1} W_2 = 0; \quad (1)$$

– для трансформатора Т2:

$$-i_C W_1 - i_{кн2} W_2 + i_{пн2} W_2 = 0; \quad (2)$$

Кроме того, для первичной трехфазной цепи:

$$i_A + i_B + i_C = 0. \quad (3)$$

Исходя из того, что числа витков обмоток трансформатора пропорциональны напряже-

ниям на этих обмотках, будем иметь:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{U}{U_n}, \quad (4)$$

где  $U = U_{ae} = U_{be} = U_{bf} = U_{cf}$ .

Решив систему уравнений (1)-(4) относительно токов трехфазной системы в зависимости от токов в контактных и питающих проводах, окончательно получим:

$$i_A = (i_{кп1} - i_{пп1}) \frac{U}{U_n}; \quad (5)$$

$$i_B = [(i_{кп2} - i_{пп2}) - (i_{кп1} - i_{пп1})] \frac{U}{U_n}; \quad (6)$$

$$i_C = -(i_{кп2} - i_{пп2}) \frac{U}{U_n}. \quad (7)$$

Выражения (5)-(7) позволяют вычислять токи питающей трехфазной сети по известным токам контактных и питающих проводов  $i_{кп1}$ ,  $i_{кп2}$ ,  $i_{пп1}$  и  $i_{пп2}$ .

Сравним две системы электроснабжения: первая – на тяговой подстанции два однофазных трансформатора; вторая – два трансформатора, включенные по схеме Скотта [4]. Принципиальная схема системы электроснабжения 2×25 кВ с трансформаторами Скотта приведена на рисунке 3.

Рассмотрим электромагнитные процессы в электротехническом комплексе «Питающая трехфазная сеть – трансформаторы Скотта на тяговой подстанции – нагрузка тяговых плеч».

Воспользуемся схемой замещения системы электроснабжения (рисунок 4а) и векторными диаграммами для первичной цепи (рисунок 4б) и вторичных электрических цепей (рисунок 4в) трансформаторов Т1 и Т2.

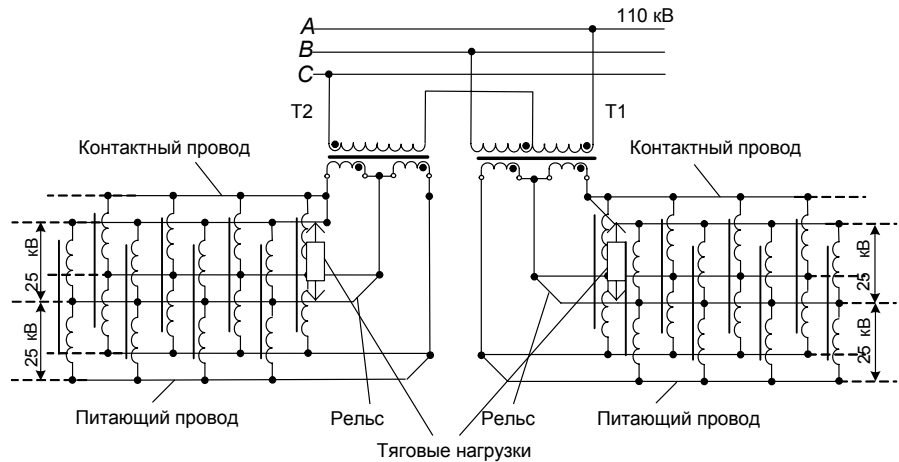


Рисунок 3 – Принципиальная схема системы электроснабжения 2×25 кВ с трансформаторами Скотта

Пренебрегая токами холостого хода трансформаторов, составим уравнения магнитодвижущих сил:

– для трансформатора Т1:

$$i_A W_A - i_B W_B - i_1 W_1 + i_3 W_3 = 0; \quad (8)$$

– для трансформатора Т2:

$$i_C W_C - i_2 W_2 + i_4 W_4 = 0. \quad (9)$$

Для первичной трехфазной цепи также справедливо равенство (3).

Из векторных диаграмм (рисунок 4б и 4в) установлено

$$U_{AD} = U_{BD} = U_n/2; U_{CD} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_n, \quad (10)$$

где  $U_n = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$ .

Соотношения между витками обмоток трансформаторов

$$W_C = \frac{\sqrt{3}}{2} (W_A + W_B) = \sqrt{3} W_A, \quad (11)$$

причем  $W_A = W_B$ .

Кроме того,



$$W_1 = W_2 = W_3 = W_4; U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U \quad (12)$$

Решив систему уравнений (3),(8)-(12) относительно токов трехфазной системы получим:

$$i_A = \left[ (i_1 - i_3) - \frac{(i_2 - i_4)}{\sqrt{3}} \right] \frac{U}{U_n}; \quad (13)$$

$$i_B = - \left[ (i_1 - i_3) + \frac{(i_2 - i_4)}{\sqrt{3}} \right] \frac{U}{U_n}; \quad (14)$$

$$i_C = \frac{2(i_2 - i_4)}{\sqrt{3}} \frac{U}{U_n}. \quad (15)$$

Выражения (13)-(15) позволяют вычислять токи питающей трехфазной сети по известным токам контактных и питающих проводов  $i_1, i_2, i_3$  и  $i_4$ .

При расчете режимов работы электротехнического комплекса мощности четырехфазной (4ф) и трехфазной (3ф) цепей следует определять в символической форме по выражениям [4]:

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{4\phi} &= \tilde{S}_1 + \tilde{S}_2 + \tilde{S}_3 + \tilde{S}_4 = \\ &= \dot{U}_1 \dot{i}_1 + \dot{U}_2 \dot{i}_2 + \dot{U}_3 \dot{i}_3 + \dot{U}_4 \dot{i}_4 =; \quad (16) \\ &= P_{4\phi} \pm jQ_{4\phi} \end{aligned}$$

$$\tilde{S}_{3\phi} = \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C = \dot{U}_{AB} \dot{i}_A + \dot{U}_{CB} \dot{i}_C = P_{3\phi} \pm jQ_{3\phi}, \quad (17)$$

где  $\dot{U}_{CB} = -\dot{U}_{BC}$ .

Основным критерием оценки эффективности применения двух схемных решений трансформаторных преобразователей является коэффициент асимметрии по току:

$$K_I = \frac{I_{II}}{I_I} 100\%, \quad (18)$$

где  $I_I, I_{II}$  – модули токов соответственно прямой и обратной последовательностей фаз, определяются по формулам [4]:

$$I_I = \frac{1}{3} (i_A + a i_B + a^2 i_C); \quad (19)$$

$$I_{II} = \frac{1}{3} (i_A + a^2 i_B + a i_C), \quad (20)$$

где  $a = e^{j120^\circ} = -0,5 + j0,866$  – оператор поворота фазы.

Для указанных двух систем проведены расчеты нескольких режимов при следующих исходных данных: мощность подстанции 40 МВА; напряжение в питающей линии передач 110 кВ; напряжение в контактной сети 25 кВ; коэффициент мощности нагрузки 0,92.

В случае равномерной нагрузки трансформаторов коэффициент асимметрии по току в схеме с двумя однофазными трансформаторами составил 50%, а в схеме с трансформаторами Скотта – 0%. Даже при самых неблагоприятных условиях схема Скотта обеспечивает коэффициент несимметрии не более 16%, а схема с двумя трансформаторами – почти 48%.

Результаты исследования позволяют утверждать следующее:

1 Только при симметричной четырехфазной загрузке выходной системы трехфазная пи-

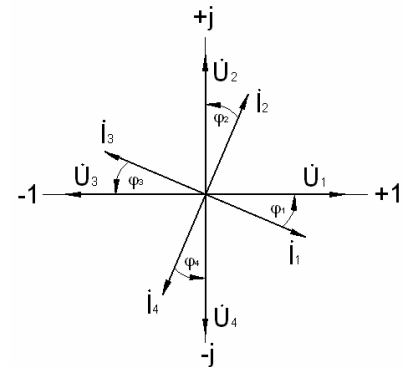
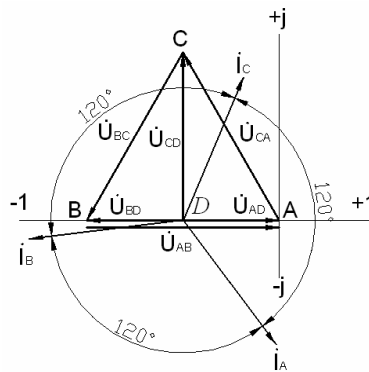
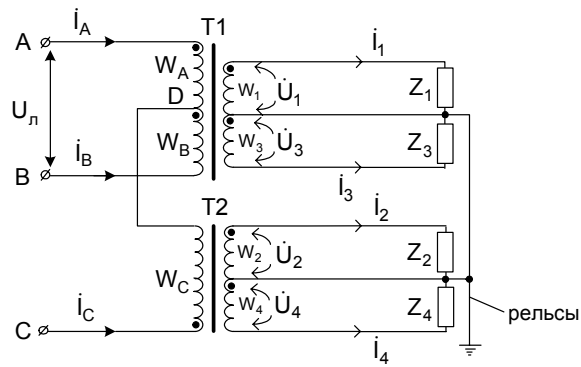


Рисунок 4 – Схема и векторные диаграммы: а)-замещения системы электроснабжения с однофазными трансформаторами Скотта; б)-векторные диаграммы первичной цепи; в)-вторичных цепей трансформаторов

тающая сеть загружена симметрично (три тока равны и сдвинуты на 120°).

2 Во всех рассмотренных нами режимах схема Скотта дает меньший коэффициент асимметрии, чем схема с двумя однофазными трансформаторами.

#### 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 Скоростные железные дороги Японии: синкансен: пер. с япон. / Татэмацу Тосихико [и др.]; под ред. В.Г. Альбрехта. -М.: Транспорт, 1984. -199 с.
- 3 Lee, H. Fault. Analysis of an AC Electric Railway System / H. Lee, K. Oh, J. Gilsoo // International of Emerging Electric Power Systems. -2005. -Nov. (22). -P. 6-8.
- 4 Ворфоломеев, Г.Н. Преобразование числа фаз в электроэнергетике: учеб. пособие. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1996. -96 с.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Новосибирский государственный технический университет

**А.Д. Бялик**

Предложена методика расчета функции преобразования амплитудных волоконно-оптических датчиков давления как элементов систем управления и контроля в электроэнергетике.

Исследование в области разработки амплитудных волоконно-оптических датчиков давления как элементов систем управления и контроля обусловлено как преимуществами ВОД в целом перед существующими тензорезистивными и емкостными аналогами (нечувствительность к электромагнитным полям, пожаро-, взрыво-, электробезопасность), так и специфическими особенностями амплитудных датчиков давления (возможность использования некогерентных источников излучения и многомодовых оптических волокон, и, как следствие, простота конструкции, а также настройки и юстировки).

Общие вопросы проектирования ВОД давления рассматриваются в работе [2-4]. Очевидно, что для инженерных задач целесообразно использовать упрощенные методы расчета функции преобразования датчиков.

Проектирование датчиков давления осуществляется согласно общей функции преобразования [2] и техническому заданию (требуемого диапазона давлений, чувствительности, нелинейности) и осуществляется в последовательности действий:

- 1 Определение размеров чувствительного элемента.
- 2 Определение начального расстояния между торцами оптических волокон и чувствительным элементом – упругим микрозеркалом.
- 3 Определение величины выходного сигнала. Определяется коэффициентом преобразования фотоприемника  $k_f$  и коэффициентом усиления схемы электронной обработки.
- 4 Определение чувствительности и нелинейности датчика в целом.
- 5 Определение коэффициента ослабления оптического излучения  $\eta$ . Определяется апертурами и соотношением площадей сердечников оптических волокон и источников и приемников света.

Преобразовательная характеристика применительно к амплитудным волоконно-оптическим датчикам давления рефлектометрического типа имеет вид

$$U = F_3 \left\{ F_2 \left[ F_1(p) \right] \right\}, \quad (1)$$

или

$$\Delta p \rightarrow \Delta x \rightarrow \Delta I \rightarrow \Delta U,$$

где  $\Delta p$  – давление или изменение давления;

$\Delta x$  – смещение чувствительного элемента;

$\Delta I$  – изменение потока оптического излучения;

$\Delta U$  – изменение выходного сигнала;

$F_1, F_2, F_3$  – частные функции преобразования, которое в данном случае соответствует 3 этапам преобразования [1]:

$F_1$ -функция механического преобразования. Описывает зависимость смещения упругого чувствительного элемента ВОД под воздействием измеряемого давления;

$F_2$ -функция преобразования оптической модуляции. Описывает изменение интенсивности светового потока, отраженного от поверхности упругого чувствительного элемента (микророзеркала) в зависимости от смещения последнего. Данная функция преобразования может быть представлена в виде:

$$F_2 = F_{2C} F_{2H}, \quad (2)$$

где  $F_{2C}$  – составляющая функции преобразования оптической модуляции, связанная со стандартизованными характеристиками элементов конструкции;

$F_{2H}$  – составляющая функции преобразования оптической модуляции, связанная со свойствами элементов конструкции с переменными свойствами и характеристиками;

$F_3$ -функция электрического преобразования. Описывает изменение электрического выходного сигнала в зависимости от изменения интенсивности светового потока.

Приближенно линеаризованная полная функция преобразования (1) в случае амплитудных ВОД давления, описанных в [1] может быть описана выражением:

$$u_{\text{вых}} = S_{\text{ВОД}} k_y p, \quad (3)$$

где  $p$  – номинальное давление;

$k_y$  – коэффициент усиления блока электронной обработки;

$S_{\text{ВОД}}$  – чувствительность полной функции преобразования,

$$S_{\text{ВОД}} = k_\phi P_0 S_2 S_1 \eta, \quad (4)$$

где  $k_\phi$  – коэффициент преобразования фотоприемника;

$P_0$  – мощность излучения, испускаемого источником;

$S_2, S_1$  – чувствительности частных функций преобразования оптического и механического преобразования соответственно;

$\eta$  – коэффициент ослабления оптического излучения в волоконно-оптическом преобразователе, определяемый потерями на вводе излучения в оптические волокна и неидеальностью отражения от микророзеркала.

Коэффициент преобразования фотоприемника  $k_\phi$  определяется выражением

$$u = k_\phi P_\phi, \quad (5)$$

где  $u$  – выходной сигнал фотоприемника;

$P_\phi$  – мощность потока оптического излучения, падающая на фотоприемник и пропорциональная мощности светового потока, излучаемого источником  $P_0$ .

Нелинейность полной функции преобразования определяется как

$$Nl = \sqrt{Nl_{F1}^2 + Nl_{F2}^2 + Nl_{ЭБ}^2}, \quad (6)$$

где  $Nl_{F1}, Nl_{F2}, Nl_{ЭБ}$  – нелинейности частных функций преобразования оптического и механического преобразования и блока электронной обработки соответственно.

Примером реализации расчетов согласно приведенной методике является описанный в [1] амплитудный волоконно-оптический датчик давления рефлектометрического типа, используемый в качестве измерителя перепадов давления трансформаторного масла в силовом трансформаторе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бялик, А.Д. Амплитудные волоконно-оптические датчики как элементы систем управления и контроля в электроэнергетике. / Статья в данном журнале. -С. 278-282.

2 Бусурин, В.И. Волоконно-оптические датчики: физические основы расчёта и применения / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. -М.: Энергоатомиздат, 1990. -254 с.

3 Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси [и др.]; под общ. ред. Т. Окоси. -Л.: Энергоатомиздат, 1991. -256 с.

4 Vaganov, V.I. Construction problems in sensors / V.I. Vaganov // Sensors and actuators, A. -1991. -№28. -P. 161-172.

## **АМПЛИТУДНЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ КАК ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Новосибирский государственный технический университет

**А.Д. Бялик**

Рассмотрены общие вопросы проектирования амплитудных волоконно-оптических датчиков (ВОД) давления как элементов систем управления и контроля в электроэнергетике. Описывается вариант конструкции ВОД и приводятся его основные метрологические характеристики в сравнении с некоторыми существующими аналогами.

Амплитудные волоконно-оптические датчики давления имеют ряд преимуществ перед существующими тензорезистивными и емкостными, такие как нечувствительность к электромагнитным полям, пожаро-, взрыво-, электробезопасность. Это обусловлено их принципом действия, заключающимся в перераспределении светового потока между подводящими и отводящими свет оптическими волокнами из-за перемещения ( $w$ ) под действием давления ( $q$ ) деформируемого зеркала. В качестве материала для изготовления зеркал, играющих роль чувствительных элементов ВОД, целесообразно применять монокристаллический кремний, для которого технология механической обработки поверхности и формирования трехмерных структур хорошо отработана.

Волоконно-оптические датчики давления являются особым классом приборов, при проектировании которых исходят из перемещения центральной части микрозеркала относительно неподвижных оптических волокон.

Проектирование волоконно-оптических датчиков включает этапы определения способа преобразования измеряемой физической величины в такой вид, который является удобным для дальнейшего анализа, выбора конструкции волоконно-оптического канала, материалов, составляющих волоконно-оптический канал и технологии их изготовления, подбора компонентов схем электронной обработки сигнала [1-5].

Из этого следует, что при проектировании ВОД необходимо рассматривать три основных этапа:

- 1 Выбора оптимального способа преобразования измеряемой величины;
- 2 Выбора конструкции волоконно-оптического канала;
- 3 Обоснования выбора схем электронной обработки сигнала.

Способ преобразования измеряемой величины выбирается с учетом общей структуры преобразования в волоконно-оптических датчиках (рисунок 1). Измеряемое давление преобразуется в перемещение кремниевого микрозеркала, далее в изменение интенсивности потока оптического излучения и, наконец, в выходной электрический сигнал. В случае измерения статического давления передаточную характеристику ВОД можно описать группой выражений:

$$\Delta x = f(\Delta p); \Delta I = f(\Delta x); \Delta U = f(\Delta I), \quad (1)$$

где  $\Delta p$  – изменение давления;

$\Delta x$  – перемещение;

$\Delta I$  – изменение интенсивности светового потока, падающего на фотоприемник;

$\Delta U$  – выходной сигнал;

$\Delta p \rightarrow \Delta x$  – определяется свойствами чувствительных элементов датчика;

$\Delta x \rightarrow \Delta I$  – определяется конструкцией оптического канала;

$\Delta I \rightarrow \Delta U$  – определяется свойствами электронной схемы преобразования.

В частном случае измерения давления (легко преобразуемое в перемещение) наиболее простым и целесообразным является использование датчиков с амплитудной модуляцией (измеряемый параметр вызывает изменение интенсивности потока оптического излучения)

[1, 3, 5]. Необходимо отметить, что в случае использования схем с амплитудной модуляцией: не требуется обязательного использования когерентного источника оптического излучения; допускается использование многомодовых оптических волокон.

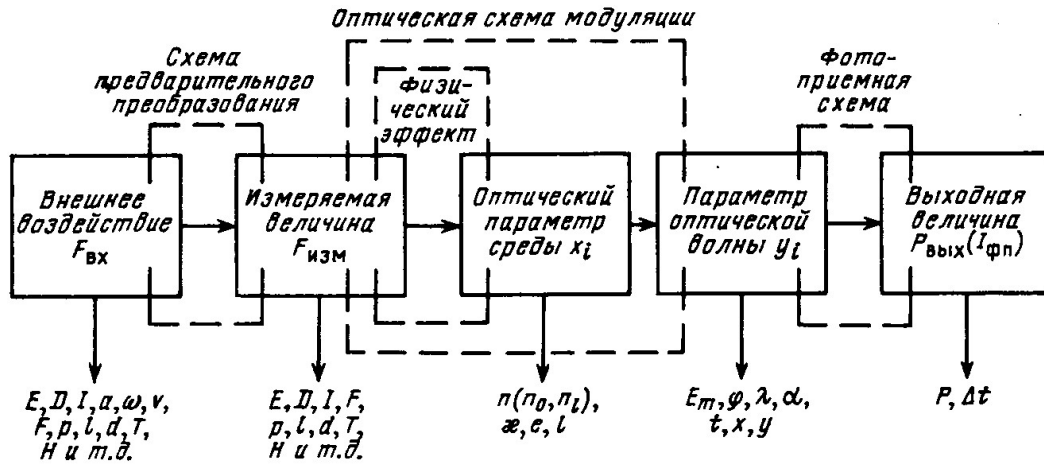


Рисунок 1 – Общая структура преобразования в волоконно-оптических датчиках

Следствием этих причин являются: простота и технологичность конструкции ВОД (упрощается сочленение оптических волокон между собой и с другими элементами конструкции ВОД, возможно использование различных типов источников и приемников оптического излучения); простота настройки и юстировки ВОД.

Изменение потока оптического излучения, падающего на фотоприемник, можно представить как функцию двух параметров

$$\Delta I = f(A_1, A_2), \tag{2}$$

где  $A_1$  – светопропускание оптической среды;

$A_2$  – изменение интенсивности потока оптического излучения, падающего на приемные волокна. Причем:

$$A_1 = f(b_1, b_2); \quad A_2 = f(b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, \Delta x), \tag{3}$$

где  $b_1$  – длина оптических волокон;

$b_2$  – удельные потери в оптическом волокне;

$b_3$  – форма волокон;

$b_4$  – геометрические размеры волокон;

$b_5$  – взаимное (линейное) расположение излучающих и приемных оптических волокон (если их несколько);

$b_6$  – взаимное (угловое) расположение излучающих и приемных оптических волокон (если их несколько);

$b_7$  – апертура источника оптического излучения;

$b_8$  – характер отражения (если датчик рефлектометрического типа).

Структурная схема разработанного волоконно-оптического датчика давления рефлектометрического типа показана на рисунке 2.

Волоконно-оптический датчик содержит стабилизированный источник тока (1), металлический корпус (2) с источником (3) и приемником (4) оптического излучения (ИК-светодиод и ИК-фотодиод соответственно), оптические волокна, собранные в кабель (5), кремниевая подложка (6) для чувствительного элемента – упругого микрозеркала (7),

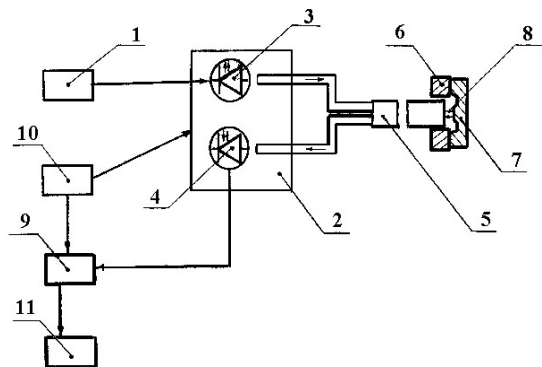


Рисунок 2 – Структурная схема амплитудного ВОД давления рефлектометрического типа

блок электронной обработки сигнала с фотоприемника (9), блок термостабилизации (10), индикатор (11). Цифрой (8) обозначен ход оптического излучения.

Источник тока (1) служит для питания постоянным током источника оптического излучения (3). Металлический корпус (2) предназначен для защиты источника (3) и приемника (4) оптического излучения от механических воздействий, фиксации источника (3) и приемника (4) оптического излучения относительно друг друга и торцов оптических волокон, а также для защиты фотоприемника (4) от внешних паразитных засветок. Оптические волокна (5) являются линией передачи оптического излучения от источника (3) к упругому микрозеркалу (7) и от микрозеркала (7) к фотоприемнику (4). Кремниевое основание (6) необходимо для механической развязки упругого микрозеркала (7) с остальными элементами конструкции датчика и для фиксации упругого микрозеркала (7) на строго определенном расстоянии от торцов оптических волокон (5).

Упругое микрозеркало (7) служит для преобразования входного параметра датчика (давления) в перемещение, которому пропорционален поток отраженного оптического излучения, попадающего на торцы оптических волокон (5). Блок электронной обработки (9) необходим для усиления и нормирования выходного сигнала с фотоприемника (4). Блок термостабилизации (10) предназначен для исключения влияния изменений температуры окружающей среды на источник (3) и приемник (4) оптического излучения и блок электронной обработки (9). Индикатор (11) служит для отображения выходного сигнала с датчика.

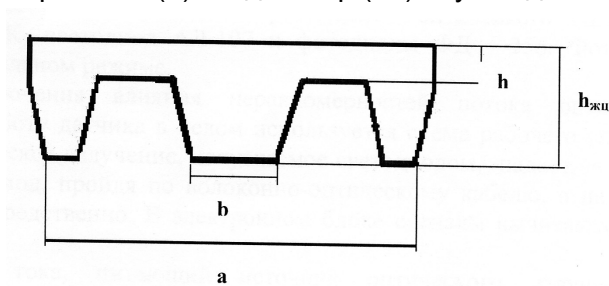


Рисунок 3 – Упругое микрозеркало для волоконно-оптического преобразователя амплитудного ВОД давления рефлектометрического типа. Для разработанных датчиков  $h = 20$  мкм,  $a = 5$  мм,  $b = 1,8$  мм,  $h_{жц} = 180$  мкм

Специфическими особенностями при изготовлении чувствительного элемента для волоконно-оптического преобразователя амплитудного волоконно-оптического датчика давления рефлектометрического типа являются:

- отражающая поверхность чувствительного элемента должна обеспечивать зеркальное отражение;
- используется чувствительный элемент с жестким центром для уменьшения нелинейности преобразовательной характеристики датчика.

Конструкция упругого микрозеркала для разработанного волоконно-оптического преобразователя амплитудного волоконно-

оптического датчика давления рефлектометрического типа показана на рисунке 3.

Упругое микрозеркало изготавливается из монокристаллического кремния методами микромеханики (жидкостным анизотропным травлением).

Разброс толщины получаемых кристаллов в результате такой операции составляет  $\pm 2$  мкм. Исходный материал для изготовления упругого микрозеркала – кремний n-типа (КЭФ – 4,5) с кристаллографической ориентацией поверхности (100) и сторон в направлении типа  $\langle 110 \rangle$ .

В разработанном датчике волоконно-оптический кабель представляет собой набор кварцевых оптических волокон диаметром 60 мкм и длиной 1,5 м. Распределение волокон по сечению волоконно-оптического кабеля случайно-равномерное, количество волокон – около 450 штук, из них половина излучающих и половина приемных. Волокна на одном торце заделаны в металлическую оправку таким образом, что торцы всех единичных волокон лежат в одной плоскости. Для защиты от механических повреждений волоконно-оптический кабель заделан в гибкий металлорукав. Особенностью данных волоконно-оптических преобразователей является то, что второй торец волоконно-оптического кабеля разделен на две части: для ввода излучения от источника и вывода излучения на соответственно. Затухание в волоконно-оптическом кабеле составляет 0,17 Дб/км. Волоконно-оптический кабель крепится к патрону, кремниевое основание – к оправке волоконно-оптического кабеля при помощи клевого соединения.

Блок электронной обработки волоконно-оптического датчика давления включает в себя: стабилизированный источник тока  $K_{стаб} = 5000$ , питающего источник оптического излучения, сам источник оптического излучения, рабочий и опорный фотоприемники, помещенные

в общий корпус, электронный преобразователь сигнала с рабочего фотоприемника, блок термостабилизации источника оптического излучения и фотоприемников и электронного преобразователя сигнала, а также блок питания.

В качестве источников и приемников оптического излучения используются ИК-светодиод АЛ-107 и фотодиоды ФД-256. Фотодиоды работают в вентильном режиме.

Для исключения влияния неравномерностей потока оптического излучения на работу датчика в целом используется схема рабочего сигнала с опорным: оптическое излучение, испускаемое светодиодом, падает на первый (рабочий) фотодиод, пройдя по волоконно-оптическому кабелю, а на второй (опорный) непосредственно. В электронном блоке сигналы вычитаются один из другого.

Источник тока, питающий источник оптического излучения, и электронный преобразователь сигнала собраны с использованием прецизионных ОУ140УД17. Волоконно-оптический датчик имеет аналоговый выход по напряжению.

Блок термостабилизации предназначен для того, чтобы исключить влияние изменений температуры окружающей среды на работу ВОД. Блок состоит из двух одинаковых схем, при помощи которых температура внутри корпуса электронного преобразователя сигнала и корпуса, содержащего источник и приемники оптического излучения поддерживается постоянной на уровне 50 °С. В блоке термостабилизации реализуется пропорциональная схема поддержания температуры, точность поддержания – ±0,2 °С, что достаточно для стабильной работы ВОД с учетом применения массивных металлических корпусов для блоков, которые необходимо термостабилизировать.

Преобразовательные характеристики разработанного волоконно-оптического датчика давления представлены на рисунке 4 и в таблице, для диапазона перепадов давления от 100 до 1500 Па в сравнении с некоторыми существующими аналогами.

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что ВОД давления (датчики ВОД-Libo-10 и ВОД100-1500) в указанном динамическом диапазоне обладают меньшими температурными коэффициентами нуля и чувствительности в сравнении с тензорезистивными и емкостными датчиками при сопоставимых величинах чувствительности и нелинейности, что можно объяснить опти-

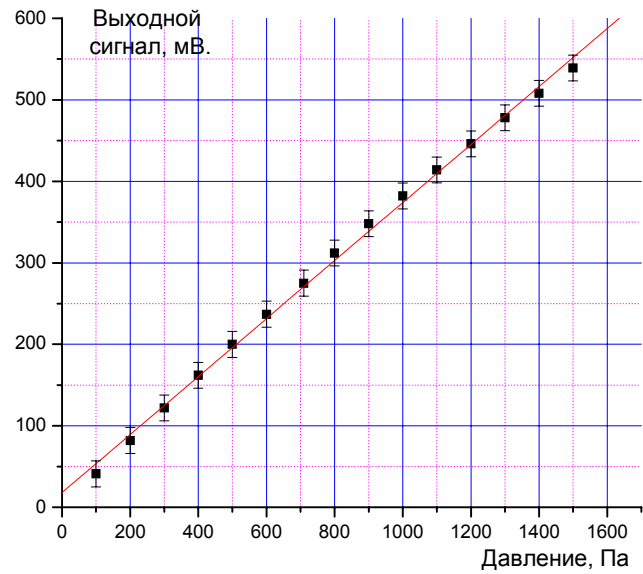


Рисунок 4 – Преобразовательная характеристика волоконно-оптического датчика малых перепадов давления. Коэффициент усиления электронного блока  $K_u=200$

Таблица – Характеристики разработанного волоконно-оптического датчика давления

Датчик	Диапазон измеряемых давлений, кПа	Чувствительность, мВ/(В·кПа)	Нелинейность, %	Температурный коэффициент нуля, %/град	Температурный коэффициент чувствительности, %/град.
MPX10D	0-10	0,35	1	0,015	0,15
MPX2010D	0-10	0,25	1	0,025	0,15
МИДА-ДИ-51П	0-100	0,1	0,3	0,1	0,2
МИДА-ДА-04П	12-100	0,05	0,5	0,1	0,2
Е-70-1000	70-1000	5	0,1	0,5	0,1
ВОД-Libo -10	0-20	0,82	1,1	0,01	0,04
ДРЕ002	0-1,6	0,5	0,5	0,5	1,5
ВОД100-1500	0,1-1,5	0,156	1	0,01	0,05

ческой схемой съема сигнала с чувствительного элемента в ВОД. Применение схемы электронной обработки с опорным фотоприемником позволило уменьшить начальный разбаланс

выходного сигнала датчика от 70 мВ до  $\pm 25$  мкВ. Для выбранных в данной конструкции свето-, фотодиодов и оптических волокон коэффициент пропорциональности  $\eta \approx 0,031$ ,  $P_{\text{ист}} = 6$  мВт при питающем токе светодиода  $I = 100$  мА,  $S_1 = 1,48 \cdot 10^{-10}$  м/Па,  $S_2 = 1074$  1/м,  $k_{\phi} = 74,648$  мВ/мкВт. Чувствительность  $S_{\text{вод}}$  при этом составляет 2,11 мВ/кПа или 0,211 мВ/В·кПа для  $U_{\text{пит}} = 10$  В.

Согласование с величиной чувствительности, полученной из экспериментальных данных составляет 34%. Данную величину можно объяснить неточным размещением светодиода относительно торцов оптических волокон.

Разработанный амплитудный волоконно-оптический датчик давления рефлектометрического типа применен в качестве измерителя перепадов давления трансформаторного масла в силовом трансформаторе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бусурин, В.И. Волоконно-оптические датчики: физические основы расчёта и применения / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. -М.: Энергоатомиздат, 1990. -254 с.
- 2 Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси [и др.]; под общ. ред. Т. Окоси. -Л.: Энергоатомиздат, 1991. -256 с.
- 3 Зак, Е.А. Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией / Е.А. Зак. -М.: Энергоатомиздат, 1989. -128 с.
- 4 Vaganov, V.I. Construction problems in sensors / V.I. Vaganov // Sensors and actuators, A. -1991. -№28. -P. 161-172.
- 5 Зак, Е.А. Особенности проектирования рефлектометрических ВОД перемещений / Е.А. Зак, А.Л. Тув // Измерительная техника. -1997. -№1. -С. 28-30.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «АРМАТУРА-БЕТОН»**

Омский государственный университет путей сообщения

**Г.П. Маслов, Н.Ю. Свешникова, А.В. Кандаев**

Рассмотрен метод определения параметров границы раздела «арматура-бетон», выполнен анализ параметров границы раздела «арматура-бетон», составлена схема замещения границы раздела «арматура-бетон» и определены ее элементы.

Опыт эксплуатации железобетонных опор контактной сети на участках с электротягой постоянного тока показал, что с подземной части опор стекает ток, который приводит к электрокоррозии и преждевременному выходу из строя, а в некоторых случаях и к падению опор. Процесс электрокоррозии арматуры в подземной части опор, хотя и может носить эпизодический характер, но, являясь необратимым и интегральным, становится основным разрушающим ее фактором.

Под действием стекающего тока образуются продукты электрокоррозии, нарушающие монолитную структуру железобетона. По мере накопления продуктов коррозии происходит увеличение внутреннего давления, что сопровождается появлением в бетоне вначале микро, а затем и макро-трещин.

Нарушение структуры бетона опор влияет на их прочностные характеристики и, следовательно, на несущую способность. От своевременного и правильного определения параметров, характеризующих состояние железобетона, зависит общая оценка коррозионного состояния опоры.

Для определения параметров, информативных относительно коррозионного состояния подземной части опор, необходимо выполнить анализ параметров границы раздела «арматура-бетон», которые изменяются под воздействием многих факторов, в том числе и поляризирующего тока. Необходимо составить схему замещения границы раздела «арматура-бетон» и определить ее элементы. Учитывая сложную зависимость процессов, протекающих на границе раздела «арматура-бетон», и отсутствие достоверной математической модели, электрохимические параметры границы раздела «арматура-бетон» определены экспери-



ментально.

Для проведения измерений изготовлены бетонные образцы, близкие по своим характеристикам к железобетону опор. В качестве электродов применялась арматурная сталь диаметром 12 мм, используемая при изготовлении опор контактной сети. Перед установкой в формы стержни взвешивались и нумеровались. Формы с электродами заполнялись бетоном марки 540 и подвергались обработке на вибрационном стенде.

Электроды в формах располагались таким образом, чтобы расстояние от электрода до стенки формы было не менее 20 мм. Это соответствует средней толщине защитного слоя бетона во всех типах стоек. Для обеспечения температурных и влажностных условий созревания бетона образцы помещались в паровую камеру. Полученный образец представлял собой куб со стороной 100 мм. Они погружались в электролитическую ванну. Удельное сопротивление электролита в ванне составляло 66,23 Ом·м.

Для определения электрохимических параметров границы раздела «арматура-бетон» с помощью запоминающего осциллографа записывались осциллограммы изменения тока на образцах в переходном режиме. Схема измерения приведена на рисунке 1.

Метод определения параметров схемы замещения основан на применении преобразования Фурье к расчету переходных процессов. Суть его заключается в следующем.

В момент времени  $t = 0$  к арматуре бетонного образца подключается источник ЭДС  $E(t) = E_0 = \text{Const}$ . В рассматриваемой электрохимической системе переходный процесс будет проходить при ненулевых начальных условиях, т.е. при наличии запаса энергии, обусловленного электрохимическим потенциалом  $E_c$  на границе раздела «арматура-бетон». Ненулевые начальные условия можно учесть методом эквивалентного источника [1], путем введения в схему замещения источника ЭДС, равного по значению электрохимическому потенциалу (рисунок 2).

Спектральная характеристика ЭДС в рассматриваемой цепи [1] будет иметь вид

$$E(j\omega) = (-E_0 + E_c) \int_0^{\infty} \exp(-j\omega t) dt = \frac{-E_0 + E_c}{j\omega}. \quad (1)$$

По результатам измерения тока (рисунок 3) можно определить установившееся значение тока  $i_{ycm}$  и зависимость свободного тока от времени  $i_{своб}(t)$

$$i(t) = i_{ycm} + i_{своб}(t) = i_{ycm} + a \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right), \quad (2)$$

где  $\tau$  – постоянная времени цепи;  
 $a$  – постоянный коэффициент.

С учетом линейности преобразования Фурье спектральную характеристику тока можно записать как

$$i(j\omega) = \int_0^{\infty} i(t) \exp(-j\omega t) dt = \int_0^{\infty} i_{ycm} \exp(-j\omega t) dt + \int_0^{\infty} a \exp(-t/\tau) \exp(-j\omega t) dt = \frac{i_{ycm}}{j\omega} + \frac{a}{j\omega + \tau^{-1}}. \quad (3)$$

Найденная экспериментальным путем временная зависимость тока (рисунок 3) определяется следующим выражением

$$i(t) = -3,44 \cdot 10^{-2} - 1,057 \cdot 10^{-2} \exp(-t/1,92). \quad (4)$$

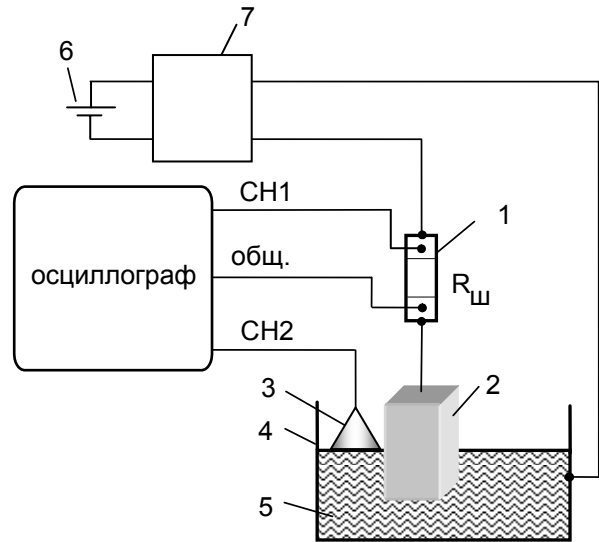


Рисунок 1 – Схема исследования переходных процессов на образцах: 1-шунт; 2-образец; 3-электрод сравнения; 4-ванна; 5-коррозионная среда; 6-источник напряжения, 7-коммутатор

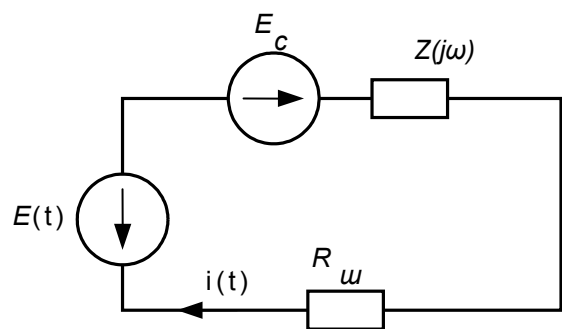


Рисунок 2 – Расчетная схема параметров границы раздела «арматура-бетон»

Установившийся ток в выражении (4) определен по эмпирическим данным, а формула свободного тока была получена методом наименьших квадратов. Средняя погрешность определения свободного тока составляет 0,35%, максимальная – не превышает 4%.

Полное сопротивление цепи можно представить как частное от деления спектральной характеристики ЭДС на спектральную характеристику тока

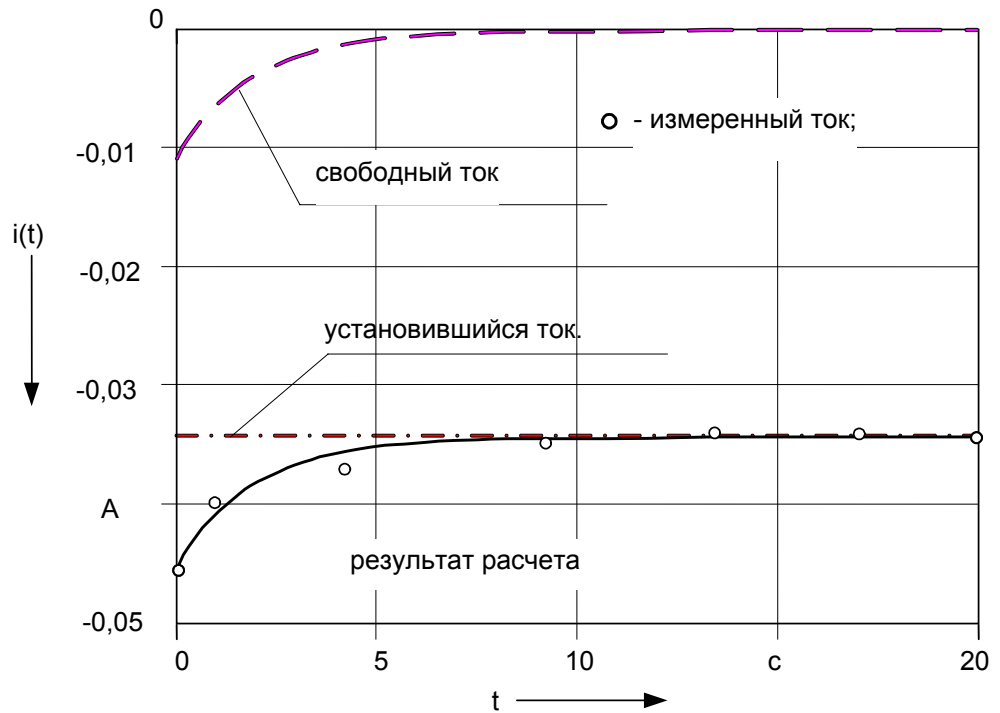


Рисунок 3 – Результаты измерений и расчетов тока на образце

$$Z(j\omega) = \frac{E(j\omega)}{i(j\omega)}. \tag{5}$$

Подставив в выражение (5) спектральные характеристики ЭДС и тока и проведя преобразования, получим

$$Z(j\omega) = \frac{(-E_0 + E_c)(j\omega + \tau^{-1})}{j\omega(i_{ycm} + a) + (i_{ycm}/\tau)}. \tag{6}$$

Таким образом, зная ЭДС, прикладываемую к арматуре образца, и стекающий ток, представляется возможным, заменив  $p$  на  $j\omega$ , определить обобщенное сопротивление границы раздела «арматура-бетон»  $Z(p)$  в виде отношения двух полиномов

$$Z(j\omega) = \frac{N(p)}{M(p)} = \frac{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}, \tag{7}$$

где  $n$  – степень полинома в числителе;  
 $a_i, b_i$  – постоянные коэффициенты;  
 $b_m$  – степень полинома в знаменателе.

Таким образом, для обобщенного сопротивления границы раздела «арматура – бетон» получим

$$Z(p) = \frac{N(p)}{M(p)} = \frac{(-E_0 + E_c)p + [(-E_0 + E_c)/\tau]}{(i_{ycm} + a)p + i_{ycm}/\tau}. \tag{8}$$

Эквивалентную схему замещения границы раздела «арматура – бетон» можно составить, разложив выражение (8) в непрерывную дробь [3]. Разложение функции  $Z(p)$  в непрерывную дробь осуществляется делением числителя на знаменатель, причем оно осуществляется до тех пор, пока получаемое в остатке выражение не представит собой сопротивления или проводимости некоторого известного двухполюсника. Этот двухполюсник является конечным звеном лестничной схемы, соответствующей полученному разложению в непрерывную дробь.

В процессе реализации лестничной схемы производится попеременное исключение постоянной величины и полюса в точке  $p = \infty$ .

Вычисления начинаются с выделения постоянного значения  $Z(\infty)$

$$Z(j\omega) = Z_1 + Z_2 = \frac{a_1}{b_1} + \frac{a'_0}{b_1 p + b_0}; \quad (9)$$

где первое слагаемое  $Z_1$  представляет собой последовательно включенное активное сопротивление, а остаточный полином степени  $(n - 1 = 0)$  в числителе второго слагаемого определяется обычным делением полиномов

$$Z_1 = \frac{a_1}{b_1} = \frac{-E_0 + E_c}{i_{ycm} + a}.$$

Второе слагаемое выражения (9) является нулем в точке  $p = \infty$ . Следовательно, обратная величина остатка (проводимость) имеет полюс в данной точке. Его устранение является вторым этапом процесса разложения и также осуществляется методом непрерывного деления. В результате получаем

$$Z(j\omega) = Z_1 + \frac{1}{Y_2 + (b'_0/a'_0)}, \quad (10)$$

где  $Y_2$  – коэффициент при  $p$  представляет собой емкость,

$$Y_2 = \frac{b_1}{a'_0} p = \frac{(i_{ycm} + a)^2 \tau}{(-E_0 + E_c) a} p.$$

Обратная величина остаточной рациональной функции представляет собой активное сопротивление  $Z_3$ , которое является конечным звеном лестничной схемы

$$Z_3 = \frac{a'_0}{b'_0} = \frac{(-E_0 + E_c) a}{i_{ycm} (i_{ycm} + a)}.$$

Полученная эквивалентная схема замещения границы раздела «арматура-бетон», соответствующая выражению (8), приведена на рисунке 4. Данная схема не противоречит моделям, приведенным в [2, 4].

Граница раздела «арматура-бетон» представлена элементами  $R_n, C_n$  и  $E_c$ . Поляризационное сопротивление  $R_n$  характеризует интенсивность окислительного процесса. Поляризационная емкость  $C_n$  создается на границе раздела «металл-электролит». Одной обкладкой служит металл арматуры, другой – жидкий приэлектродный слой из диссоциированных и полярных молекул. Сопротивление бетона  $R_b$  – сопротивление от границы раздела «арматура-бетон» до внешней границы образца – определяется параметрами бетона и внешней среды. Электрохимический потенциал  $E_c$  измерялся относительно медно-сульфатного электрода сравнения.

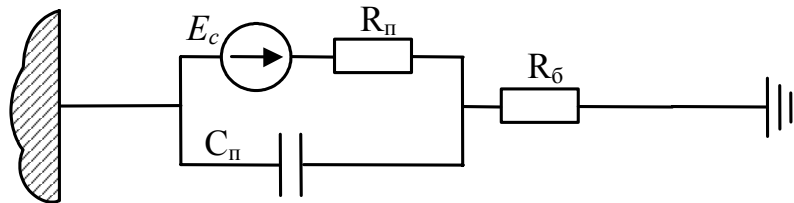


Рисунок 4 – Схема эквивалентная электрическая замещения границы раздела «арматура-бетон»

Из выражения (8) представляется возможным определить электрохимические параметры границы раздела «арматура-бетон» и сопротивление бетона:

$$R_n = \frac{(-E_0 + E_c) a}{i_{ycm} (i_{ycm} + a)}; C_n = \frac{(i_{ycm} + a)^2 \tau}{(-E_0 + E_c) a}; R_b = \frac{-E_0 + E_c}{i_{ycm} + a} - R_w. \quad (11)$$

Для проверки метода расчета параметров границы раздела «арматура-бетон» были проведены измерения тока в переходном режиме и естественного потенциала двухполюсника из дискретных элементов, собранного по схеме, приведенной на рисунке 4. Погрешность определения элементов схемы не превышает 5%.

Таким образом, представленный метод позволяет определить электрохимические параметры границы раздела «арматура-бетон» с достаточной точностью. Физический смысл полученных выражений для поляризационного сопротивления и сопротивления бетона совпадает с результатами других исследователей [2, 5].

Результаты расчета параметров границы раздела «арматура – бетон» нескольких об-

разцов сведены в таблицу.

*Таблица – Результаты расчета параметров границы раздела «арматура – бетон»*

Номер образца	Длина арматуры в бетоне, мм	Масса арматуры, г	Площадь рабочей поверхности арматуры, дм <sup>2</sup>	$E_c$ , В	$R_n$ , Ом	$C_n$ , Ф	$R_b$ , Ом
В1	76,0	119,45	0,36	-0,6	91,3	0,0334	264
А5	77,0	212,70	0,37	-0,64	95,4	0,0305	211
В6	78,0	115,45	0,37	-0,61	95,7	0,0253	258
В2	80,0	114,70	0,38	-0,27	39,3	0,0304	190
А7	83,0	220,60	0,39	-0,47	81,3	0,0435	255
А3	84,5	215,70	0,40	-0,4	86,2	0,0444	207
В5	85,0	119,15	0,40	-0,5	92	0,0264	148
В4	87,0	116,75	0,41	-0,4	77,5	0,0815	194
А1	89,5	213,10	0,43	-0,4	79,1	0,0317	184

Достоинством предлагаемого метода является то, что, в отличие от известных, помимо сопротивления бетона и поляризационного сопротивления границы раздела, он позволяет с достаточной точностью определить емкость границы раздела «арматура-бетон».

Применение данного метода позволяет существенно упростить процесс измерений, определить и обосновать схему замещения границы раздела «арматура-бетон» и исследовать изменение параметров в процессе искусственного старения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники / Г.И. Атабеков. –М.-Л., 1966, -320 с.
- 2 Кандаев, В.А. Совершенствование эксплуатационного контроля коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта: Монография / В.А. Кандаев / Омский гос. ун-т путей сообщения. -Омск, 2003. -198 с.
- 3 Гиллемин, Е.А. Синтез пассивных цепей / Е.А. Гиллемин. -М., 1970, -820 с.
- 4 Скорчеллетти, В.А. Теоретическая электрохимия / В.А. Скорчеллетти. -М.: Изд-во «Химия», 1969. - 608 с.
- 5 Кандаев, В.А. Способ определения коррозионного состояния подземной части железобетонных сооружений / В.А. Кандаев, Н.Ю. Свешникова, А.В. Кандаев // МКИ G01N 17/00

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

Омский государственный университет путей сообщения

**В.А. Кандаев, К.В. Авдеева**

Приведены методика и результаты экспериментального исследования магнитной проницаемости элементов заземляющего устройства на примере стальных проводников круглого, прямоугольного и уголкового профилей.

Согласно действующей нормативной документации заземляющие устройства электрических подстанций, в том числе тяговых, выполняются из стальных проводников круглого, прямоугольного, уголкового и трубного профилей [1, 2]. Стальной проводник является ферромагнитным, следовательно его магнитная проницаемость зависит от величины протекающего тока. Определение данной зависимости представляет некоторую трудность, однако как показывают расчеты отсутствие учета приводит к значительным погрешностям при расчете собственных параметров элементов заземляющего устройства и токораспределения в целом.

В настоящее время нет аналитического описания зависимости магнитной проницаемости от величины протекающего тока, однако существуют работы, посвященные ее экспери-

ментальному исследованию [3]. Эти исследования ограничены узким диапазоном частот от 25 до 1000 Гц и токов от 2 до 50 А. В случае же короткого замыкания на подстанции ток, протекающий по элементам заземляющего устройства, составляет сотни ампер, а при прямом ударе молнии может достигать десятков и сотен килоампер. Кроме того, ток, протекающий по заземлителю, имеет сложный гармонический состав и не ограничивается частотой 1000 Гц [4]. В связи с этим существует необходимость в дальнейшем исследовании магнитной проницаемости стальных проводников различной формы.

Для решения поставленной задачи была собрана схема для экспериментального определения сопротивления стальных проводников [3], представленная на рисунке 1.

В трубу диаметром 60 мм с толщиной стенки 4 мм длиной 2,5 м коаксиально помещался испытуемый образец элемента заземляющего устройства такой же длины. Труба изготавливалась из стали марки М-3 и служила обратным проводником. Питание установки осуществлялось от низкочастотного генератора сигналов ГЗ-112 через усилитель мощности (УМ) и согласующий трансформатор (СТ), необходимый для согласования выхода усилителя с низкоомной нагрузкой и рассчитанный на большой ток во вторичной обмотке.

В качестве измерительных приборов использовались цифровые вольтметры (В1 и В2). Опорное напряжение снималось через изолирующий трансформатор (ИТ1) с безындуктивного шунта переменного тока (БШ). Падение напряжения снималось с участка исследуемого элемента длиной 1 м. Разность потенциалов между точками «А» и «Б» подавалась на фазометр (Ф) через второй изолирующий трансформатор (ИТ2). Изолирующие трансформаторы ИТ1 и ИТ2 позволяли добиться гальванической развязки измерительных приборов.

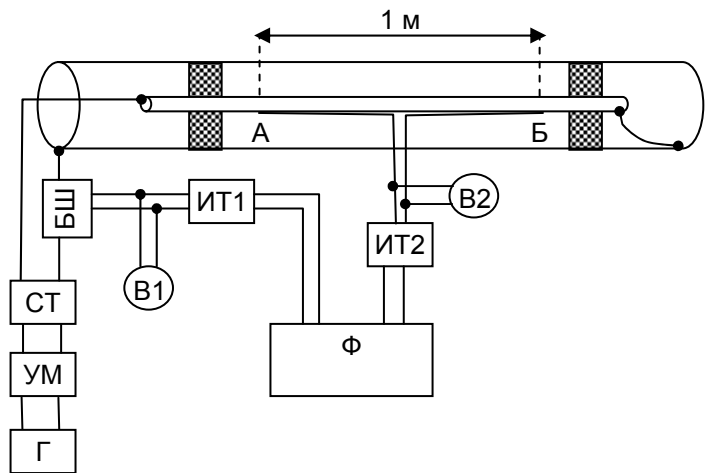


Рисунок 1 – Схема измерения внутренних параметров проводников

Модуль полного сопротивления испытуемого образца рассчитывался по формуле

$$|Z| = \frac{U_2 R_{\text{общ}}}{U_1}, \quad (1)$$

где  $U_1$  – падение напряжение на шунте, В;  
 $U_2$  – падение напряжение на образце, В;  
 $R_{\text{общ}}$  – сопротивление безындуктивного шунта, Ом.

Фаза определялась непосредственно по показаниям фазометра.

Для оценки погрешности измерений, выполняемых по данному способу, было измерено внутреннее сопротивление алюминиевого проводника диаметром 4,5 мм в диапазоне частот от 50 до 20000 Гц. Относительная магнитная проницаемость алюминия равна 1 и не имеет токовой зависимости.

Сопротивление цилиндрического проводника длиной один метр с учетом поверхностного эффекта определяется по формуле [5]

$$Z = R + iX = \frac{\dot{\rho}}{8\pi r} \frac{J_0(\dot{\rho}r)}{J_1(\dot{\rho}r)}; \quad (2)$$

где

$$\dot{\rho} = \sqrt{\omega\mu\sigma} \exp(-\pi i/4);$$

$\sigma$  – удельная проводимость среды, См/м;  
 $\omega$  – круговая частота, рад/с;  
 $\mu$  – абсолютная магнитная проницаемость среды, Гн/м;  
 $r$  – радиус цилиндрического проводника, м;  
 $J_0(\dot{\rho}r)$ ,  $J_1(\dot{\rho}r)$  – функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков.

Экспериментальные данные сравнивались с расчетными значениями, полученными по

формуле (2). Анализ показал, что в диапазоне частот от 50 до 20000 Гц погрешность определения модуля внутреннего сопротивления алюминиевого проводника составляет 3%, фазы – 11%. Следовательно, данный метод измерения обладает достаточной точностью для решения практических задач и может быть использован для исследования проводников из ферромагнитного материала.

Для учета влияния нагрева проводника при протекании по нему значительного тока измерялась температура поверхности проводника цифровым мультиметром MAS-345. Принцип его действия основан на использовании милливольтметра, который измеряет ЭДС термопары и выдает показания в градусах Цельсия. Датчик температуры помещался в трубу через отверстие в середине, для улучшения теплового контакта использовалась термопаста КП-8.

Зависимость сопротивления металлического проводника от температуры линейная. Температурный коэффициент сопротивления ( $\alpha$ ) является константой для данного материала и характеризует относительное приращение сопротивления при увеличении температуры на один градус. Температурный коэффициент сопротивления для данного вещества, вообще говоря, различен при разных температурах. Однако, для многих металлов в не очень широком интервале температуры (несколько десятков градусов)  $\alpha$  можно считать приблизительно постоянным и равным среднему значению внутри рассматриваемого температурного интервала.

Температурный коэффициент сопротивления относительно температуры 200С был рассчитан по формуле

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 \Delta t}; \quad (3)$$

$$\Delta t = (t - 20), \text{ } ^\circ\text{C},$$

где  $R_t$  – сопротивление проводника при температуре  $t$ , Ом;

$R_0$  – сопротивление проводника при температуре 20 °С, Ом;

Температурный коэффициент определялся при токе 60 А на частоте 50 Гц и для стального цилиндрического проводника диаметром 6 мм составил 0,0036 при  $t = 20$  °С, для стальной полосы 20×4 мм – 0,0037 при  $t = 20$  °С.

Таким образом, увеличение температуры на 20 °С приводит к увеличению сопротивления более 7% по сравнению с сопротивлением при комнатной температуре. Следовательно, при проведении эксперимента необходимо либо измерять температуру образца, а затем из формулы (3) определять сопротивление образца без учета его нагрева, либо обеспечить охлаждение исследуемого проводника. В данном случае был выбран первый путь.

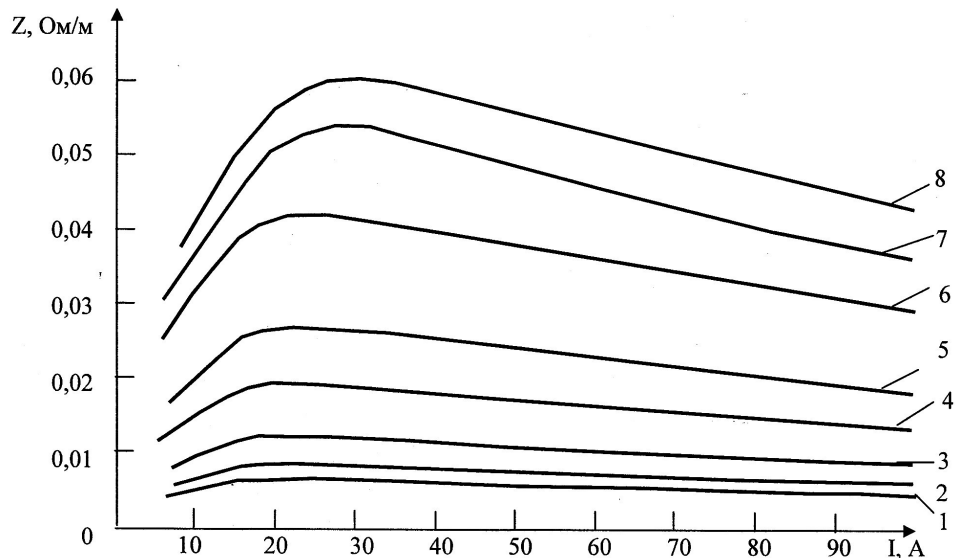


Рисунок 2 – Графические зависимости модуля внутреннего сопротивления стальной полосы 20×4 мм: 1-частота 50 Гц; 2-100; 3-200; 4-500; 5-1000; 6-2500; 7-5000; 8-10000 Гц

На рисунке 2 приведены результаты измерений модуля внутреннего сопротивления стальной полосы 20×4 мм в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц при токах от 5 до 100 А.

Так как для всех рассматриваемых образцов  $\rho r \gg 1$ , то отношение функций Бесселя в

формуле (2) принимается равным единице, тогда

$$Z = \frac{\sqrt{\omega\mu\sigma} \exp(-\pi i/4)}{2\pi r} \quad (4)$$

Откуда, проведя преобразования, получаем

$$\mu = \frac{Z^2 r^2 \sigma}{2f \cdot 10^{-7}} \quad (5)$$

Для проводников прямоугольного и уголкового профилей вводятся понятия эквивалентного магнитного коэффициента  $K_m$  и эквивалентного радиуса  $r_{\text{э}}$ . Эквивалентный магнитный коэффициент определяется по формуле, аналогичной (5).

Глубина проникновения электромагнитной волны рассчитывается по формуле [5]:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad (6)$$

Так как при частоте 50 Гц и относительной магнитной проницаемости 1000 для стального проводника глубина проникновения электромагнитной волны  $\Delta$  равна 0,7 мм, а при частоте 10000 Гц – 0,05 мм, следовательно, ток течет в поверхностном слое и проводник прямоугольного или уголкового профилей заменяется круглым проводником, эквивалентный радиус которого равен

$$r_{\text{э}} = \frac{u}{2\pi} \quad (7)$$

где  $u$  – периметр проводника, м.

В предыдущих работах [3] эквивалентный радиус вычислялся через площадь поперечного сечения проводника, что приводило к значительной погрешности при определении магнитной проницаемости.

На рисунке 3 приведены графики зависимости относительной магнитной проницаемости стального цилиндрического проводника диаметром 6 мм в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц при токах от 5 до 100 А.

На рисунке 4 приведены графики зависимости эквивалентного магнитного коэффициента от тока и частоты для стальной полосы 20×4 мм, на рисунке 5 – для стального уголка 25×25×4 мм.

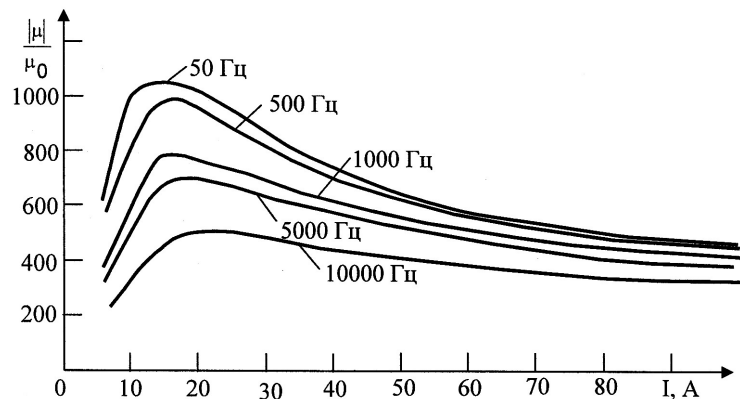


Рисунок 3 – Магнитная проницаемость стального цилиндрического проводника диаметром 6 мм

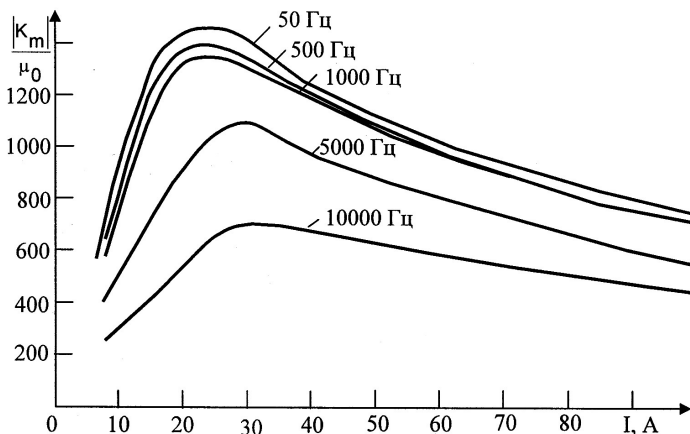


Рисунок 4 – Эквивалентный магнитный коэффициент стальной полосы 20×4 мм

Из графиков видно, что модуль магнитной проницаемости достигает своего максимального значения при токе от 20 до 40 А. При достижении токов порядка 100 А магнитная проницаемость изменяется медленнее и асимптотически стремится к определенному значению. Таким образом, говорить о постоянстве магнитной проницаемости можно только при значительном токе в проводнике. Причем значение этого тока растет с увеличением поперечных размеров проводника. Следовательно, при расчете токораспределения в режиме короткого замыкания на подстанции, когда токи достигают сотен ампер, можно использовать постоянное значение относительной магнитной проницаемости элементов

заземляющего устройства. Однако, при диагностировании заземляющего устройства следует учитывать, что при измерительном токе менее 100 А величина относительной магнитной проницаемости проводников значительно отличается от значения при токах реального короткого замыкания.

Кроме того, с увеличением частоты магнитная проницаемость падает. Например, максимальное значение модуля относительной магнитной проницаемости цилиндрического проводника диаметром 6 мм на частоте 50 Гц составляет 1050, на частоте 5000 Гц в 1,5 раза меньше и равно 700, а на частоте 10000 Гц – в 2,1 раза меньше и равно 500. Следовательно, использование значения магнитной проницаемости, полученного для низких частот в диапазоне до 1000 Гц может привести к значительной погрешности при определении внутреннего сопротивления проводника и расчете токораспределения на высоких частотах.

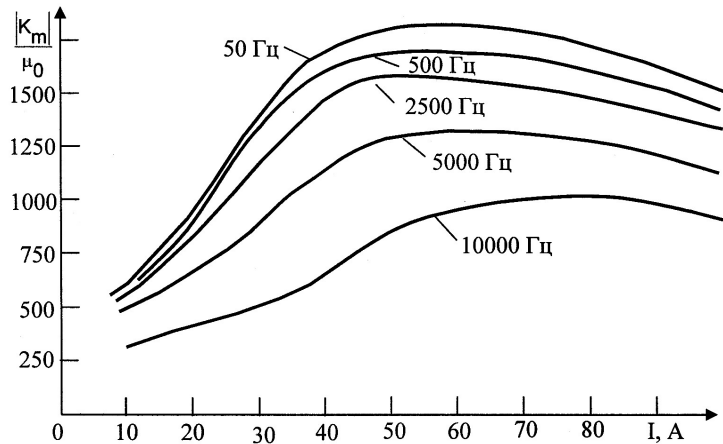


Рисунок 5 – Эквивалентный магнитный коэффициент стального уголка 25×25×4 мм

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила устройства электроустановок: ПУЭ-7: [утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.2002]: по состоянию на 01.05.2005. -7-е изд., с изм. и доп., 2005. -Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. -511 с.
- 2 Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах ЦЭ-191 от 10.06.93. -М., 1993. -68 с.
- 3 Свешникова, Н. Ю. Экспериментальные исследования сопротивления элементов контура заземления различной формы / Н.Ю. Свешникова, А.В. Котельников, В.А. Кандаев // Вест. ВНИИЖТа. -2003. -№4. -С. 38-41.
- 4 Карякин, Р.П. Справочник по молниезащите / Р.П. Карякин. -М.: Энергосервис, 2005. -880 с.
- 5 Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. -М.: Высш. шк., 1964. -650 с.

## ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Омский государственный университет путей сообщения

Д.В. Борисенко, С.В. Гришечко

Предложен метод измерения частоты питающего напряжения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, основанный на рассмотрении спектра сигнала как ряда распределения спектральных составляющих по величине амплитуды.

Отклонение показателей качества электроэнергии от нормативных значений часто приводит к немедленному выходу устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) из штатных режимов работы, либо к преждевременному старению и износу оборудования. Так, например, чувствительны к отклонению частоты питающего напряжения преобразователи частоты в рельсовых цепях 25 Гц, оборудование тональных рельсовых цепей. Отклонение частоты питающего напряжения от номинального значения нормируется государственным стандартом [1] и подлежит контролю, для чего требуется проводить измерения фактического значения частоты.

В микропроцессорных измерительных устройствах частота вычисляется с помощью одного из алгоритмов наряду с другими параметрами сигнала. Многие из алгоритмов обработ-



ки сигналов предполагают получение их спектрального представления, а именно представление в виде дискретного спектра Фурье как результата одноименного преобразования. Если в интервале наблюдения нет целого числа периодов представляемого сигнала, то в вычисленном спектре наблюдаются дополнительные ненулевые отсчеты – расширение спектра [2].

Определение частоты сигнала по номеру отсчета, имеющего максимальную амплитуду в дискретном спектре, возможно с точностью до некоторой величины. Абсолютная погрешность не превышает половины расстояния по частоте между соседними составляющими в дискретном спектре. Данное расстояние зависит от параметров дискретизации и фактического значения частоты сигнала, если не применяются дополнительных методов повышения разрешающей способности преобразования [3].

Таким образом, возникает задача уточнения частоты сигнала по имеющемуся его спектральному представлению. Уменьшить величину погрешности можно путем увеличения количества отсчетов в выборке, по которой вычисляется спектр, при неизменной частоте дискретизации, что приводит к возрастанию интервала наблюдения. Однако повышать точность определения частоты таким образом не всегда возможно в силу ограниченности имеющихся аппаратных ресурсов, а так же из-за требований к скорости измерений. В силу этих же причин не всегда могут быть применены методы повышения разрешающей способности спектрального представления, такие как метод Прони, Юла-Уокера, Вигнера, алгоритм Берга и другие [3, 4].

Метод, предлагаемый в данной статье и позволяющий сократить вычислительные затраты, состоит в рассмотрении спектра сигнала как ряда распределения спектральных составляющих по величине амплитуды. Частота в этом случае может быть рассчитана как один из статистических показателей. Появление боковых лепестков сопровождается уменьшением спектральной составляющей с максимальной амплитудой. Это позволяет предположить, что частоту сигнала можно уточнить путем осреднения. Для этого нужно исследовать взвешенные степенные средние в качестве статистических показателей, позволяющих уточнить значение частоты. Целесообразно рассмотреть возможность осреднения на ограниченном участке спектра, содержащем спектральную составляющую с максимальной амплитудой. К статистическим показателям, позволяющим уточнить частоту сигнала по спектру, можно отнести и моду распределения, рассматривая частотный интервал вблизи спектральной составляющей с максимальной амплитудой в качестве модального. Подробно статистические показатели рассмотрены в [5].

Будем считать, что на форму распределения, в качестве которого рассматривается спектр вблизи спектрального максимума, оказывают влияние только фактическая частота сигнала и выбранная весовая функция, на которую умножается дискретизированный сигнал. Весовые функции рассмотрены в работе [3].

Так как в данной статье рассматривается измерение частоты питающего напряжения устройств ЖАТ, то в качестве исходного сигнала следует выбрать сигнал, который по спектральному составу сходен с этим напряжением. Устройства ЖАТ являются нетяговыми потребителями, получающими электропитание от тяговых подстанций. В напряжении, получаемом от тяговой подстанции, практически отсутствуют четные гармоники [6]. Поэтому для расчетов будем использовать сигнал, состоящий только из нечетных гармоник, амплитуды которых примем равными предельнодопустимым значениям, установленным [1] для напряжения 380 В.

Для оценки точности определения частоты при каждом сочетании весовой функции и уточняющей формулы рассчитаем величину абсолютной погрешности, как разность фактической частоты сигнала, и рассчитанной по дискретному спектру Фурье.

Для расчета была выбрана сетка частот в диапазоне от 49 до 51 Гц с шагом 0,01 Гц. Дальнейшие расчеты производились в приведенной ниже последовательности.

1 Для каждого значения частоты из выбранного диапазона вычисляется дискретный сигнал с вышеописанным гармоническим составом.

2 Полученный массив дискретных значений сигнала умножается на одну из весовых функций. В качестве весовых функций были использованы функции Блэкмана и Хэмминга [3].

3 Вычисляется дискретный спектр сигнала, в котором определяется составляющая с максимальной амплитудой.

4 По этой спектральной составляющей и ближайшим к ней вычисляется частота сигнала.

ла по одной из формул для статистических показателей. Формулы использованных статистических показателей приведены ниже.

Мода распределения

$$f_{p(\text{мод})} = f_n + \frac{A_m - A_{m-1}}{(A_m - A_{m-1}) + (A_m - A_{m+1})} f_6, \quad (1)$$

где  $f_n$  – нижняя граница модального интервала по частоте;

$A_m$  – амплитуда максимальной гармоники;

$A_{m-1}$  – амплитуда гармоники слева от максимальной;

$A_{m+1}$  – амплитуда гармоники справа от максимальной;

$f_6$  – расстояние по частоте между соседними гармониками.

Взвешенная средняя арифметическая

$$f_{p(a)} = \frac{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i f_i}{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i}; \quad (2)$$

Взвешенная средняя квадратическая

$$f_{p(\text{кв})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i f_i^2}{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i}}; \quad (3)$$

Взвешенная средняя кубическая

$$f_{p(\text{куб})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i f_i^3}{\sum_{i=i_{\max}-\Delta}^{i=i_{\max}+\Delta} A_i}}; \quad (4)$$

где  $A_i$  – амплитуда, соответствующая  $i$ -му отсчету спектра;

$f_i$  – частота, соответствующая  $i$ -му отсчету спектра;

$i_{\max}$  – номер отсчета спектра с максимальной амплитудой;

$\Delta$  – количество отсчетов составляющее половину интервала, по которому уточняется частота.

5 Рассчитывается абсолютная погрешность вычисления частоты для каждого значения частоты из выбранного диапазона.

Расчеты проводились по выборке длиной 1024 отсчета. Для проведения вычислений был использован пакет программ математического моделирования Matlab.

Проведенные расчеты показали, что из всех рассмотренных сочетаний наименьшую погрешность дает сочетание весовой функции Блэкмана и формулы взвешенного среднего арифметического. На рисунке 1 приведены графики зависимостей абсолютной погрешности вычисления частоты от фактического значения для всех рассмотренных уточняющих формул при использовании весовой функции Блэкмана. На рисунке 1 номер кривой, соответствует номеру примененной формулы: кривая 1 – расчет по (1) и т.д.

Максимальная абсолютная погрешность расчетов при использовании сочетания весовой функции Блэкмана и формулы взвешенного среднего арифметического не превышает 0,006 Гц при частоте дискретизации 1024 Гц и количестве отсчетов в выборке равному 1024. Расстояние по частоте между соседними отсчетами спектра составляет при этом 1 Гц, а интервал наблюдения 1 с. Величина интервала наблюдения непосредственно влияет на скорость измерения, что является важным фактором при контроле электропитания устройств

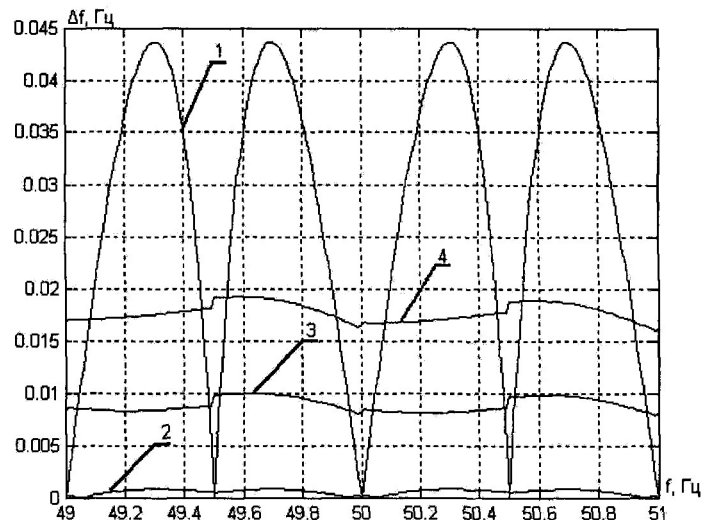


Рисунок 1 – График зависимости абсолютной погрешности определения частоты при использовании весовой функции Блэкмана

ЖАТ. Государственным стандартом [1] устанавливается допустимая величина абсолютной погрешности, которая составляет 0,03 Гц. Это позволяет при некотором увеличении погрешности существенно увеличить скорость измерения за счет сокращения интервала наблюдения.

Зададим интервал наблюдения равный 0,1 с. Этот интервал наблюдения можно получить при частоте дискретизации равной 1280 Гц и длине выборки сигнала равной 128 отсчетов. Такие цифры выбраны, исходя из предположения, что дискретный спектр Фурье будет рассчитывается с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье, который требует количества отсчетов во временной области кратного двум. Расстояние по частоте при выбранных параметрах дискретизации составит 10 Гц, а максимальная погрешность вычисления без уточняющей формулы не превысит 5 Гц. При расчетах, для уточнения частоты, используем весовую функцию Блэкмана и формулу взвешенного среднего арифметического. Расчет производился при изменении фактической частоты в более широком диапазоне, который составил 45-55 Гц. На рисунке 2 представлен график зависимости абсолютной погрешности вычисления частоты от фактического значения частоты, полученный при проведении расчетов с заданными выше исходными данными.

Из графика видно, что на интервале изменения частоты от 45 до 55 Гц, абсолютная погрешность не превышает 0,03 Гц, что соответствует требованиям государственного стандарта [1]. В реальных условиях эксплуатации устройств ЖАТ при выходе частоты за пределы 48-52 Гц напряжение питания всех нетяговых потребителей отключается оборудованием тяговой подстанции. Следовательно, в реальных условиях максимальная погрешность вычисления частоты должна быть еще меньше (участок графика в окрестности отметки 50 Гц).

Таким образом, предложенный метод позволяет вычислять частоту переменного напряжения электропитания устройств ЖАТ при существенной экономии вычислительных ресурсов, с точностью, удовлетворяющей требованиям стандарта [1]. Этот метод может быть реализован в программном обеспечении микропроцессорных измерительных и контролируемых систем, которые в настоящий момент широко внедряются в целях повышения надежности функционирования устройств ЖАТ.

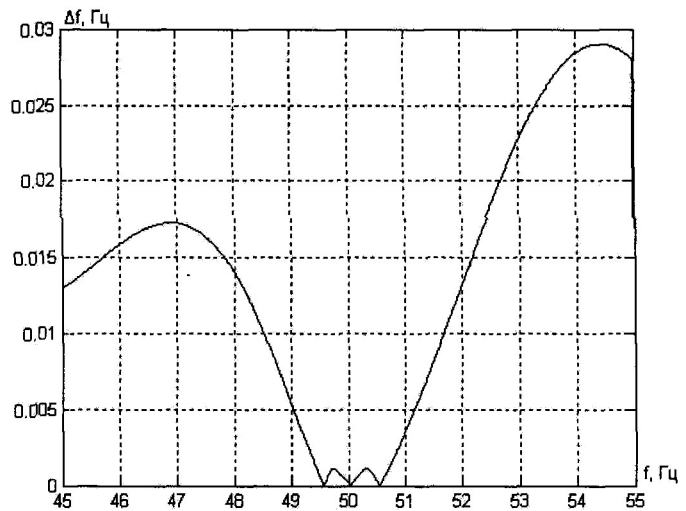


Рисунок 2 – График зависимости абсолютной погрешности определения частоты при использовании весовой функции Блэкмана и формулы взвешенного среднего арифметического с параметрами дискретизации 1280 Гц и 128 отсчетов

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Официальное издание, -М.: Изд-во стандартов, 1998. -30 с.
- 2 Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р.М. Шафер. -М.: Техносфера, 2006. -856 с.
- 3 Марпл-мл., С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл-мл. - М.: Мир, 1990. -584 с.
- 4 Бердышев, В.И. Численные методы приближения функций / В.И. Бердышев, Ю.Н. Субботин. –Свердловск, 1979. -384 с.
- 5 Елисеева, И.И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. -М.: Финансы и статистика, 1996. -368 с.
- 6 Бадер, М.П. Электромагнитная совместимость / М.П. Бадер. –М.: УМК МПС, 2002. -638 с.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «МЕТАЛЛ – ЭЛЕКТРОЛИТ» ДЛЯ АЛЮМИНИЕВОГО, СВИНЦОВОГО И МЕДНОГО ЭЛЕКТРОДОВ

Омский государственный университет путей сообщения

В.А. Кандаев, Ю.М. Елизарова

Представлены экспериментальные зависимости параметров границы раздела «металл-электролит» от удельного сопротивления среды и частоты тока. В качестве электролита использовалась дистиллированная, водопроводная вода и трехпроцентный раствор NaCl.

Для расчета токораспределения в изолированных проводниках с поврежденным покрытием используются параметры границы раздела «металл – электролит». На сегодняшний день возможности получить значения этих параметров расчетным путем нет. Существуют различные методы, позволяющие определить данные параметры экспериментально.

Эксперимент проводился по описанной в вышеуказанной статье методике, с использованием дополнительного электрода, параметрами которого в расчетах пренебрегали. Расчетная схема для проведения эксперимента приведена на рисунке 1.

Входное сопротивление электрохимической ячейки было получено путем измерения в цепи тока, падения напряжения на ячейке и угла сдвига фаз между током и напряжением [1]. Для измерения угла сдвига фаз на добавочном безреактивном сопротивлении, включенном последовательно в цепь ячейки, формировался опорный сигнал [2].

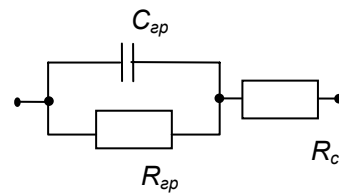


Рисунок 1 – Эквивалентная схема ячейки:  $C_{эп}$ -емкость границы раздела «металл-электролит»;  $R_{эп}$ -сопротивление границы раздела «металл-электролит» (с учетом параметров оксидной пленки);  $R_с$ -сопротивление среды

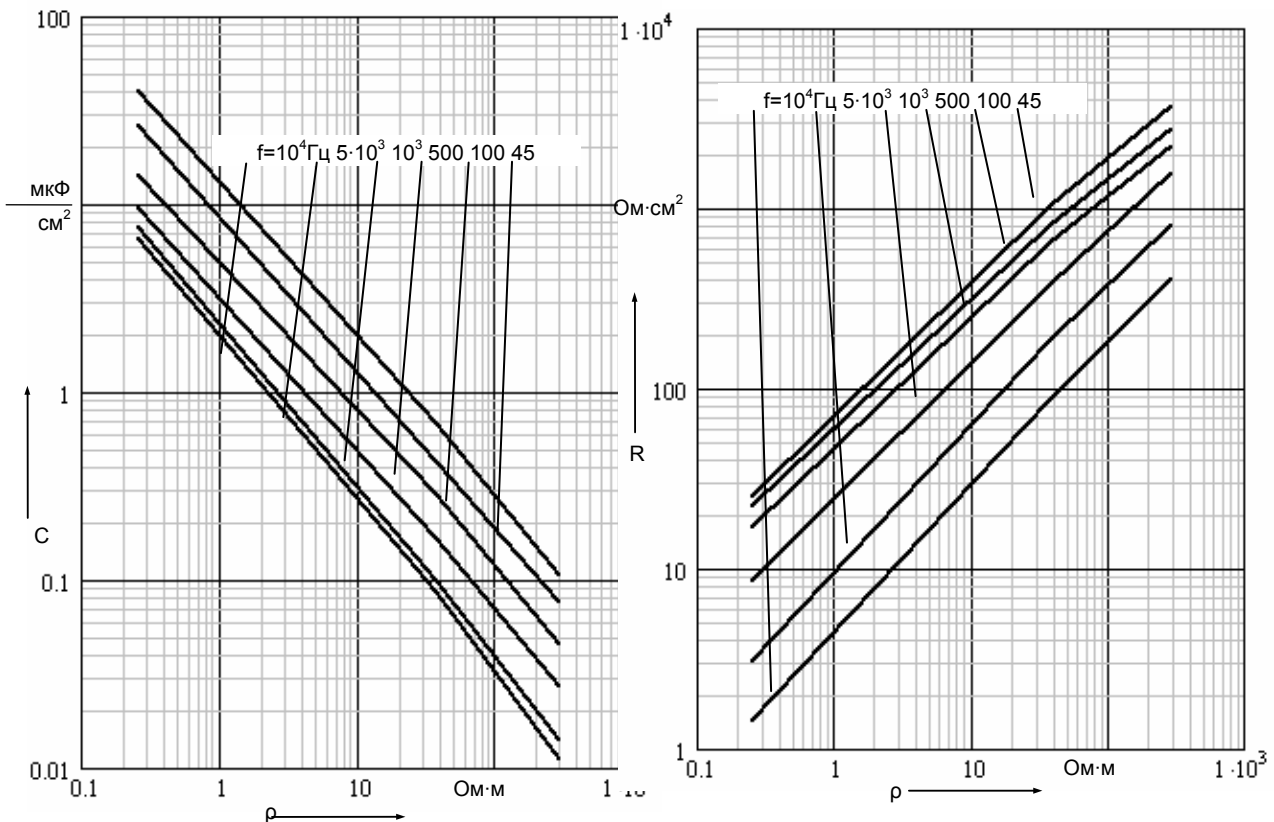


Рисунок 2 – Изменение емкости и сопротивления границы раздела сред «металл-электролит» для алюминиевого электрода

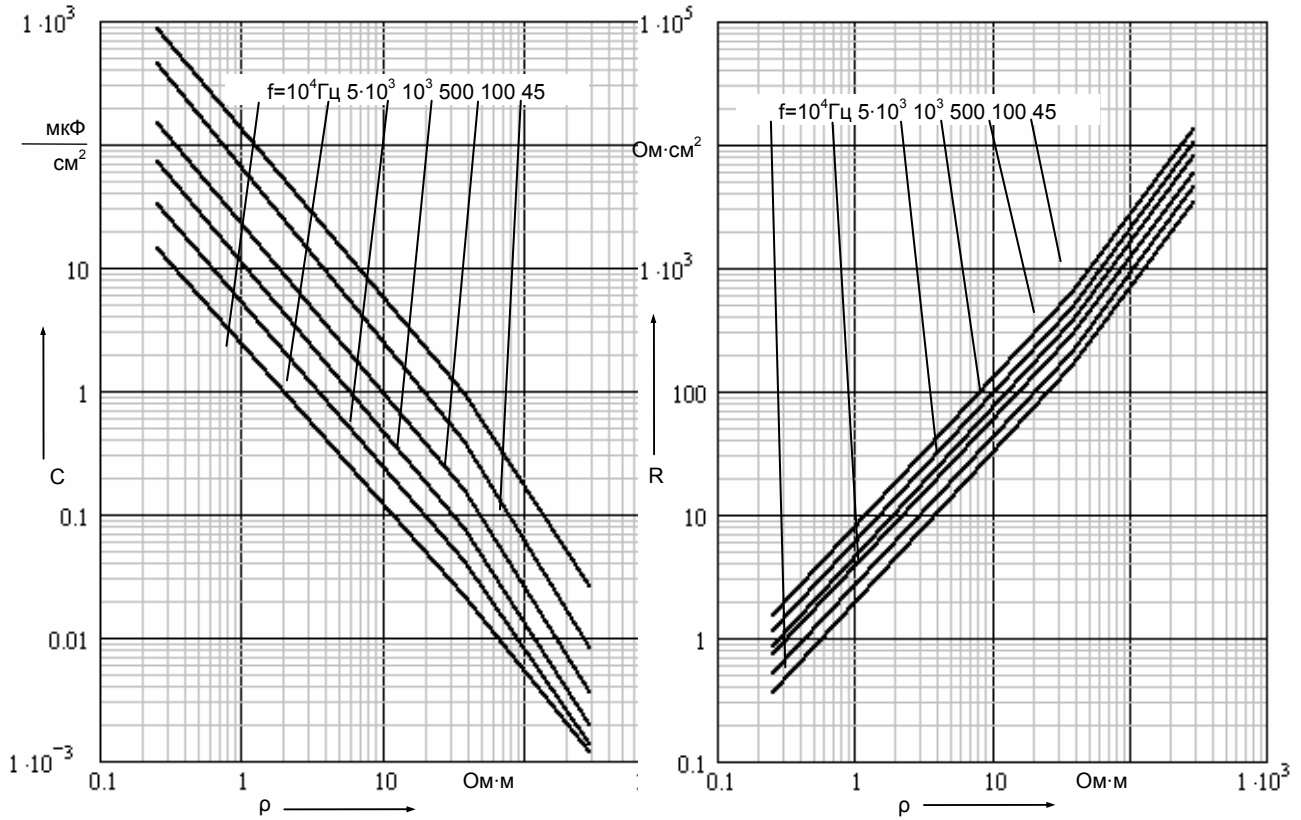


Рисунок 3 – Изменение емкости и сопротивления границы раздела сред «металл-электролит» для свинцового электрода

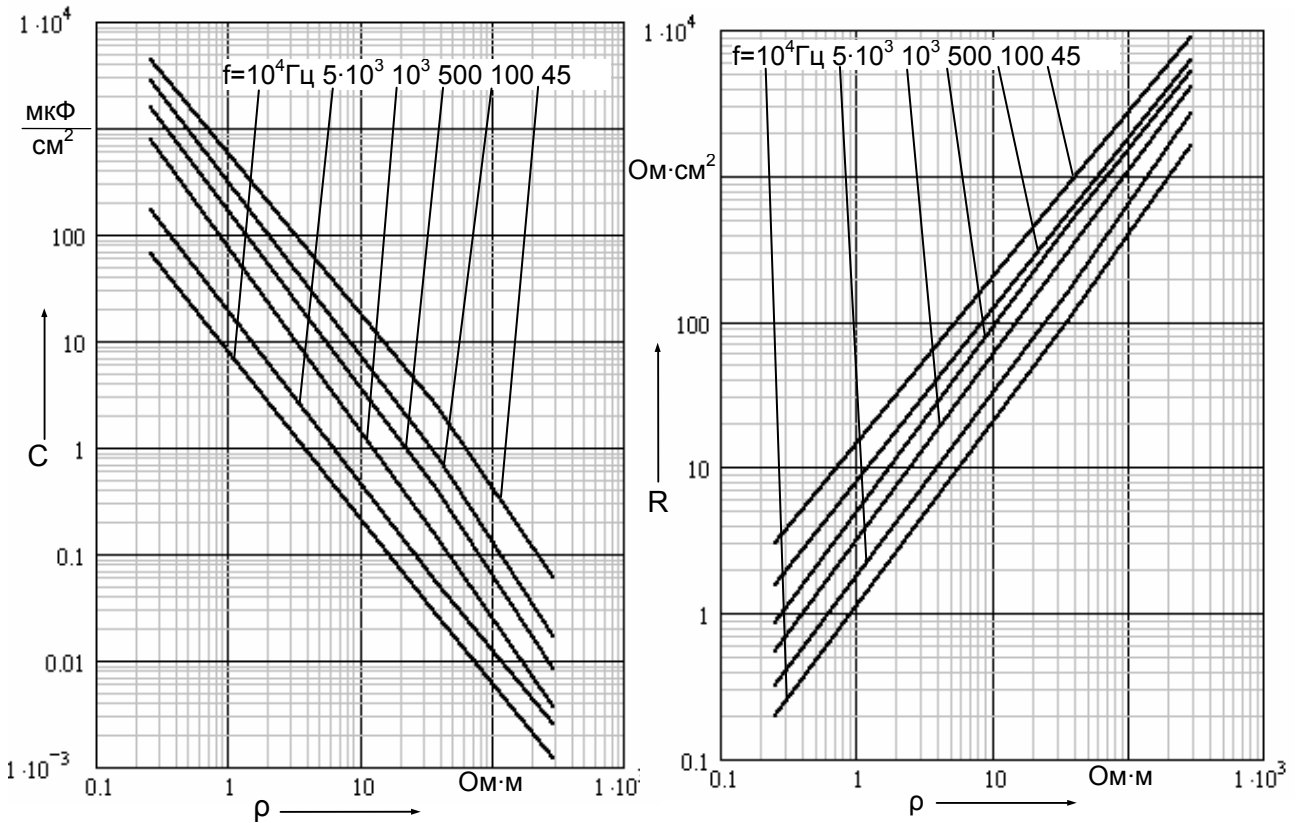


Рисунок 4 – Изменение емкости и сопротивления границы раздела сред «металл-электролит» для медного электрода

Сопротивление среды  $R_c$  определялось на частоте 100 кГц. На такой высокой частоте параметры границы раздела «металл-электролит» не оказывают заметного влияния на результат измерения  $R_c$ . Измерения параметров границы раздела фаз для исследуемых электродов проводились в средах с различным удельным сопротивлением раствора. Удельное сопротивление раствора подбиралось изменением концентрации NaCl и температуры раствора. Измерения удельного сопротивления раствора проводились с помощью четырех-электродной установки с расстоянием между электродами 2 см.

Из результатов измерений для последовательной схемы замещения элементов электрохимической ячейки вычиталось сопротивление среды. Полученные таким образом значения параметров границы раздела «металл-электролит» исследуемого электрода в последовательной схеме замещения пересчитывались далее в параллельную схему замещения. Результаты эксперимента приведены в виде графиков на рисунках 2-4 соответственно для алюминиевого, свинцового и медного электродов.

Таким образом, полученные в результате эксперимента параметры границы раздела «металл-электролит» изменяются в широких пределах, зависят от частоты и удельного сопротивления грунта. Примененная методика учитывает влияние оксидной пленки, образующейся на поверхности алюминия, на данные параметры. Параметры границы раздела «металл – электролит» могут быть использованы для расчета токораспределения в изолированных проводниках с поврежденным покрытием.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лопатин, Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа / Б.А. Лопатин. -М.: Высшая школа, 1978. -294 с.
- 2 Болтон, У. Карманный справочник инженера-метролога / У. Болтон. -М.: Додека, 2002. -383 с.

## **ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАЕМОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

**А.А. Антонов, В.В. Клоков, Н.В. Силин**

Собственное электромагнитное поле (ЭМП) высоковольтного электроэнергетического оборудования рассматривается в качестве источника информации о техническом состоянии энергетических объектов. На примере реактора типа РОМБС 60000/500 проанализирован характер распространения ЭМП на территории подстанции, определен диапазон частот для диагностики оборудования данного типа.

В состав современных транспортных узлов входят различного вида энергетические объекты, такие как высоковольтные подстанции портового оборудования, тяговые подстанции железнодорожного транспорта и др.

Электромагнитные поля на энергетических объектах транспорта создаются различным высоковольтным оборудованием, излучение которых не предусмотрено их функциональным назначением, а также источниками естественного происхождения и радиопередающими устройствами. В данной работе собственное электромагнитное поле высоковольтного электроэнергетического оборудования, рассматривается как информационное пространство, анализ которого позволяет оценить техническое состояние объекта, иными словами, это поле рассматривается как диагностическое.

Диагностическая электромагнитная обстановка (ЭМО) имеет ряд особенностей и несет в себе тот минимум информации, который непосредственно используется для оценки технического состояния электроэнергетического объекта. Во-первых, диагностическая ЭМО формируется из полной диагностической обстановки путем резкого ограничения по частотному диапазону и имеет более жесткую привязку к конкретной единице высоковольтного электроэнергетического оборудования (ВВЭО). Во-вторых, она несет данные о конкретных источниках электромагнитных излучений. В-третьих, информация о диагностической ЭМО должна в

максимальной степени отражать динамику происходящих в ВВЭО процессов, указывая на изменение интенсивности ЭМП, добавление новых источников и т.д.

Практическое использование контроля технического состояния ВВЭО по спектральным характеристикам его собственного электромагнитного излучения [1] требует решения многих вопросов, в том числе о месте размещения измерительной аппаратуры и выборе частотного диапазона.

В [3] исследовался характер распределения электромагнитного поля вблизи контролируемого оборудования. В качестве примера был рассмотрен автотрансформатор типа АОДЦТН 167000/500/220. При помощи модели, состоящей из вибраторных антенн, был найден диапазон частот наиболее подходящий для осуществления диагностики.

Определим, какой частотный диапазон необходимо использовать, если предметом исследования является реактор типа РОМБС-60000/500, входящий в список ответственного оборудования на высоковольтных подстанциях. Для этой цели воспользуемся новой моделью, построенной на основе вибраторных антенн. В новой модели изменен метод учета влияния земли на электромагнитное поле антенны. Анализ распределения электромагнитного поля на территории подстанции проводится по картине диаграмм направленности антенн, полученных с помощью программного пакета MMANA. Рассмотрим построение модели.

Размеры наружных вертикальных частей проводов вводов напряжений для данного типа составляют:  $h_1 = 4,32$  м;  $h_2 = h_3 = 0,47$  м.

Для учета влияния поверхности заземленного бака реактора используется метод металлизации земли под антенной. Согласно [4] минимальная площадь металлизации поверхности земли под антенной должна выступать за пределы площади проекции антенны на расстояние, равное высоте подвеса ее горизонтальной части. Для вертикального вибратора ширина такой имитации земли составляет  $2h$ , где  $h$ -высота вибратора, а в данном случае, высоковольтного ввода реактора.

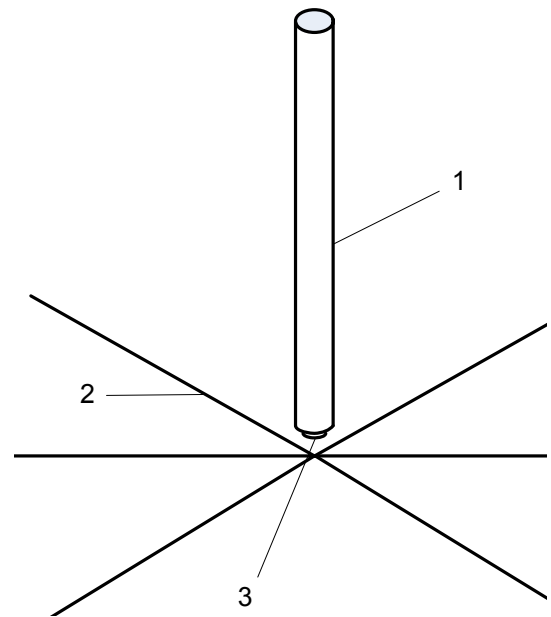


Рисунок 1—Модель высоковольтного ввода реактора как излучающей антенны

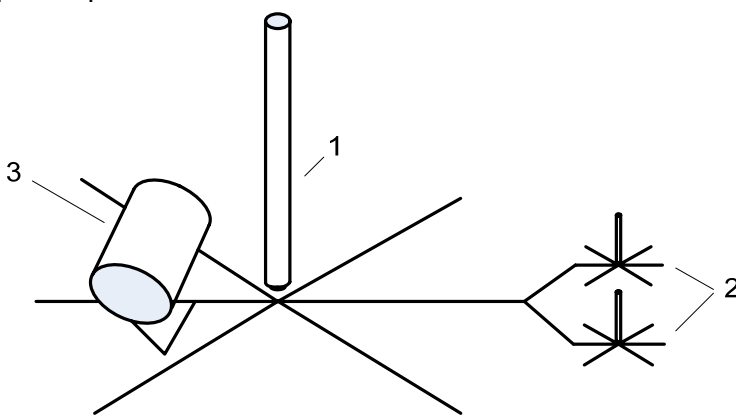


Рисунок 2—Виртуальная модель реактора РОМБС-60000/500 в программном пакете MMANA

высоковольтный ввод на 500 кВ; 2-вводы на 35 кВ. 3-расширительный бак. Металлические стержни, имитирующие корпус реактора, а также расширительный бак, соединены между собой и находятся под одним потенциалом.

Рассмотрим, как происходит распределение электромагнитного поля в пространстве в диапазоне частот 10-200 МГц [2].

На рисунке 3 изображены диаграммы направленности излучения для частот 17,7 и

На рисунке 1 представлена модель высоковольтного ввода, как излучающей антенны. Здесь 1-изолированный от металлического бака ввод реактора; 2-имитация поверхности заземленного бака реактора, выполненная в виде шести металлических стержней по длине равных высоте вибратора и расположенных в одной плоскости под углами в  $60^\circ$  относительно друг друга; 3-источник сигнала.

На рисунке 2 схематично изображена виртуальная модель реактора РОМБС-60000/500, в программном пакете MMANA. Здесь 1-

100 МГц, соответствующих полосе частот, рекомендованной для осуществления диагностики АТ [3]

Из рисунка 3 видно, что излучаемое реактором электромагнитное поле в пространстве распределяется практически равномерно во всех направлениях. Ослабление сигнала не превышает 4 дБ. Следовательно, не имеет принципиального значения расположение измерительного комплекса относительно реактора. Можно утверждать, что данная полоса частот является удобной для осуществления диагностики, как и в случае с АТ [3].

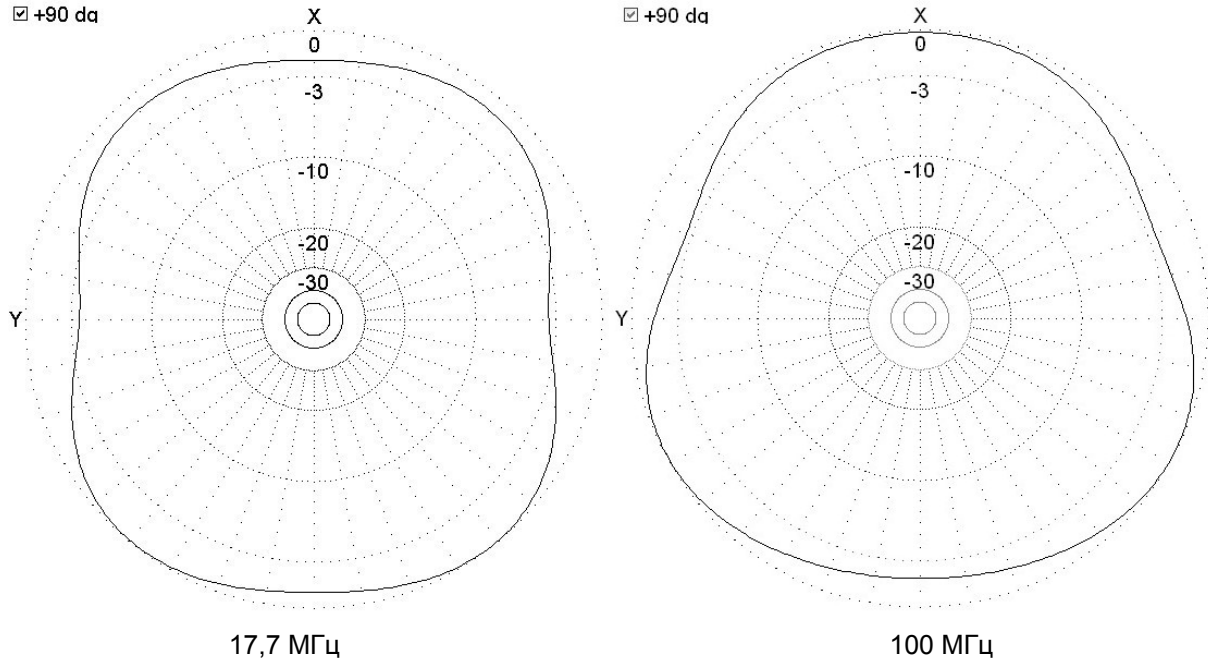


Рисунок 3 – Диаграммы направленности на частотах излучения

Рассмотрим, как изменится картина поля на более высоких частотах.

Результаты расчетов представленные на рисунке 4 показывают, что с ростом частоты, форма диаграмм направленности начинает искажаться. Ослабление сигнала на отдельных участках достигает 11 дБ. Однако, несмотря на неравномерное распределение поля в пространстве, его интенсивности должно быть достаточно для проведения измерений, независимо от расположения измерительной аппаратуры относительно реактора.

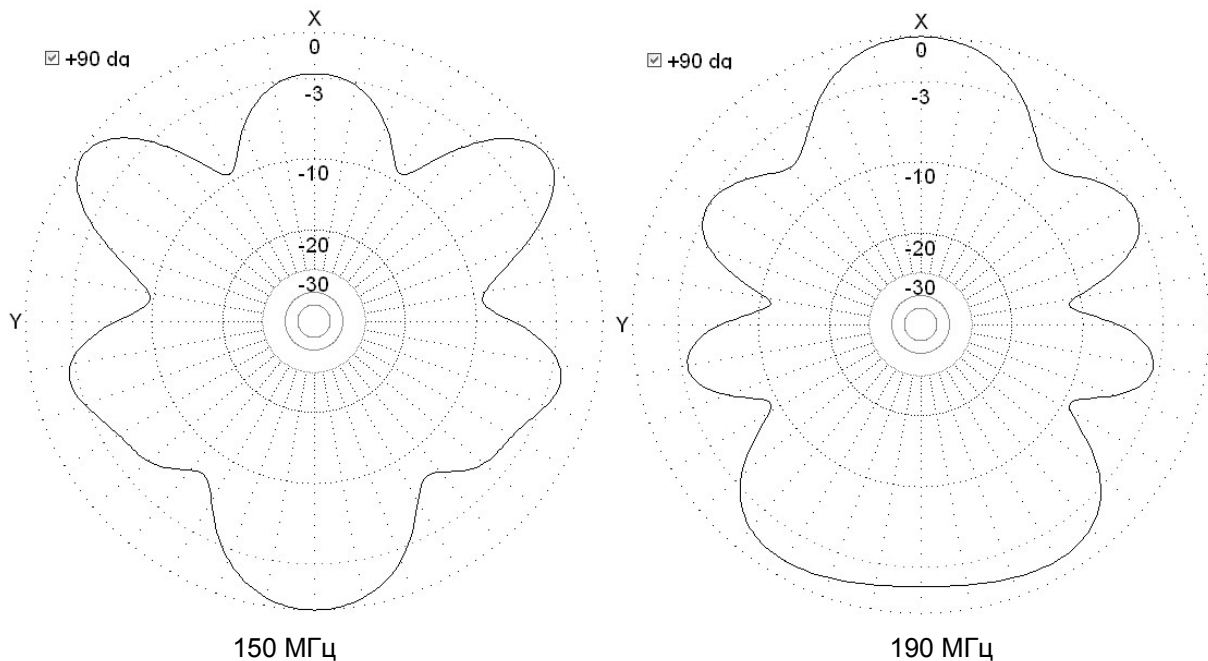


Рисунок 4 – диаграммы направленности на частотах излучения

Из выше сказанного можно сделать вывод, что наиболее удобным частотным диапазо-



ном для проведения диагностики ВВЭО по спектральным характеристикам его собственного электромагнитного излучения остается полоса частот от 10 до 100 МГц, как было рекомендовано в [3]. При диагностике реактора типа РОМБС 60000/500 возможно использование более высоких частот, однако, точность эксперимента в этом случае будет зависеть от характеристик измерительной аппаратуры и от ее расположения на территории подстанции.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Белушкин, М.Ю. Моделирование и регистрация электромагнитных полей электроэнергетического оборудования высоковольтных подстанций / М.Ю. Белушкин. -Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. -99 с.
- 2 Киншт, Н.В. О способе контроля высоковольтного оборудования на основе анализа спектров его собственного электромагнитного излучения / Н.В. Киншт // Промышл. энергетика. -2007. -№5. -С. 15-19.
- 3 Антонов, А.А. К вопросу о выборе частотного диапазона для электромагнитного контроля высоковольтного оборудования / А.А. Антонов, Н.В. Силин, В.В. Клоков. -Иркутск: Изд-во ИРГТУ, 2008. -132 с.
- 4 Вершков, М.В. Судовые антенны / М.В. Вершков. -Л.: Судостроение, 1972. -424 с.

**СВЕТ И ЖИЗНЬ**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»  
Институт цитологии и генетики СО РАН

**А.К. Зуев, Л.А. Пшеницын**

О теории света. Единство мира отчетливо просматривается через призму поразительной аналогии дифференциальных уравнений. Фотоны, электроны, позитроны, нейтрино и так далее – все это «черные ящики», которые надо открыть, чтобы познать мир. Наиболее короткий путь лежит через изучение «пустоты» и света. То, что свет – это электромагнитные колебания, вряд ли можно оспаривать, Но если есть колебания, значит, есть и массы и есть условия для накопления энергии. Допустим, две массы связаны упругим элементом, способным накапливать энергию при растяжении и сжатии (например, в земных условиях груз подвешен на пружине). Учитывая «поразительную аналогичность дифференциальных уравнений», возьмем из курса теоретической механики общеизвестную формулу:

$$v = \sqrt{c/m} , \tag{1}$$

где  $v$  – частота собственных колебаний массы  $m$  на пружине, имеющей жесткость  $c$ .

Применить эту формулу для обоснования строгой и четкой теории света не представляется возможным, так как свет не объяснить единичной массой с её упругими связями. Нужно иметь в виду много масс (бесконечно много) и много упругих связей между этими массами. В теории механизмов и машин общеизвестно понятие приведенной массы. В теории идеальной виброизоляции [1] потребовалось ввести понятие локальной «приведенной жесткости механической системы  $c_{пр} \cdot c_{пр}$  – это первая производная от приведенной силы по перемещению точки её приведения. Если приведенная масса  $m_{пр}$  и приведенная жесткость  $c_{пр}$  приведены к одной точке, то появляется возможность определить частоту собственных колебаний не отдельного элемента механической системы, а любой группы элементов всей механической системы. Формула (1) при этом приобретает вид:

$$v_{пр} = \sqrt{c_{пр}/m_{пр}} , \tag{2}$$

В общем случае при большом количестве масс и жесткостей могут использоваться уравнения Лагранжа второго рода [2].

Вернемся к теории света. Представим космическую пустоту в виде исчезающе малых единичных масс, упруго связанных между собой упругими элементами (полями), не имеющими массы. По формуле (2) в знаменателе имеем единичную массу. В числителе имеем 6 упругих единичных элементов. Под корнем имеем цифру 6. Возьмем группу единичных масс в виде куба со стороной, равной 100. Общее количество единичных масс будет  $10^6$ . В

числителе единичных упругих элементов на одной грани куба будет  $10^4$ , а на шести гранях куба –  $6 \cdot 10^4$ . По формуле (2)  $v_{пр}$  уменьшилось в 10 раз. Видим, что  $v_{пр}$  убывает с ростом размеров  $m_{пр}$ .

Если отнестись с доверием к этой гипотезе, то выводы получаются весьма впечатляющими. Гипотеза летящего от Солнца фотона не состоятельна. Ведь свет разлагается призмой на огромное количество цветов (т.е. частот). Как объяснить этот факт? Поток цветных фотонов? А приведенная частота  $v_{пр}$  четко объясняет этот факт. Масса не летит со скоростью света. Перемещается только энергия (энергия колебаний). Видна поразительная аналогия с механическими колебаниями. Например, волна от судна качает щепку вверх и вниз и не продвигает её в направлении движения волны. Фотон тоже никуда не летит. Еще пример. Мелкие волны на воде (рябь) движутся медленно и быстро угасают, а «длинноволновое» цунами пересекает океаны с большой скоростью.

С электромагнитными колебаниями та же картина. Астрономы «прощупывают» космос радиоволнами большой длины и находят далекие скопления галактик. Все правильно. Больше длина волны (меньше частота приведенная) меньше потерь энергии колебаний на пройденном пути.

Возникает сомнение в постоянстве света. Из огромного спектра частот человеческий глаз видит только очень узкий спектр, и скорость света может казаться нам постоянной. Обсуждая вопрос бесконечно малого реального гравитационного поля, теория «выдает» область реального гравитационного поля, для описания которой силами классической общей теории относительности необходимо допустить существование сверхсветовых скоростей [3].

Если все это так, то обескураживающее странно смотримся мы сами на фоне представленной здесь картины строения Вселенной. Ведь атом водорода можно представить как арбуз, вокруг которого на расстоянии одного километра летает маковое зернышко. Мы же, по сути, пустое короткоживущее образование, что-то вроде солнечного отблеска на скале, несокомерно именуемой нами пустотой. Остается только слабое утешение, что мы все-таки продукт этой самой природы и мысли наши – тоже ее продукт, имеющий, скорее всего, тоже волновое состояние.

Основатель волновой теории французский ученый Р. Декарт вывел теорию из умозрительных рассуждений, считая, что свет получается от вращения. Волновая теория распространения света возникла в 1663-65 гг. благодаря исследованиям Ф.М. Гримальди, который описал цвет и дифракцию света, Р. Бойля – впервые описал интерференцию света, Р. Гука – описал интерференцию и дифракцию и др. ученых. Почти 300 лет назад Ньютон получил спектр видимого света, пропустив луч через призму. Белый свет состоит из ряда цветов от фиолетового на одном конце спектра до красного на другом. Д.К. Максвелл установил, что видимый свет является лишь малой частью непрерывного спектра электромагнитных колебаний. Он показал, что вся образующая этот спектр радиация распространяется в виде волн. Их длины (расстояние от одного максимума волны до другого) варьируют в широких пределах от долей нанометров до километров. Более ста лет назад Р. Майер открыл закон сохранения энергии, согласно которого энергия не может бесследно исчезать и вновь создаваться. Этот закон соответствует принципу сохранения материи М.В. Ломоносова, которые А. Эйнштейн объединил и сделал вывод, что масса и энергия являются одними и теми же сущностными формами и при определенных обстоятельствах могут превращаться друг в друга; что скорость корпускул света в пустоте должна быть всегда одной и той же. Гипотеза, сформулированная Бором и другими физиками о том, что электронные орбиты атомов имеют специфические энергетические уровни основана на этих наблюдениях.

Со временем одни физики отказались от представления наличия эфира, как передатчика света и его волновой природы, другие не признают гипотезу истечения частиц и абсолютный вакуум, третьи отвергли понятия орбит и так далее. Извечный спор относительно волновой и корпускулярной природы света был решен физиками признанием гипотезы корпускулярно-волнового дуализма, заключающегося в том, что любые микрочастицы – фотоны, электроны, протоны и так далее обладают свойствами частиц и волн, то есть существует вещество и его движение. Эта гипотеза достаточно полно объясняет поглощение солнечного света на всех уровнях организации жизни на Земле.

Поток энергии. Жизнь на Земле зависит от потоков солнечной и космической энергии. Выше мы не коснулись жестких космических излучений, влияющих на циклы солнечной ак-

тивности. Солнце – центр Солнечной системы. Это раскаленный плазменный шар, звезда – карлик, спектр G<sub>2</sub>, масса ~ 2·10<sup>30</sup> кг, светимость 3,86·10<sup>26</sup> Вт, температура поверхности (фотосферы) около 6000 К. Химический состав, определенный по солнечному спектру: водород – около 90%, гелий ~ 10%, остальные элементы – менее 0,1% (по числу атомов). Источник солнечной энергии – ядерные превращения водорода в гелий в центральной области Солнца, где температура ~ 15·10<sup>6</sup> К. В условиях сверхвысокой температуры более легкие ядра сливаются в более тяжелые, образуя новые элементы (из четырех ядер водорода образуется одно ядро гелия). В результате этой термоядерной реакции выделяется громадное количество энергии, необходимой для поддержания постоянно идущих процессов слияния ядер и, кроме того, лучистой энергии. Энергия из недр звезды переносится излучением, а затем во внешнем слое толщиной около 0,2R – конвекцией. Громадное количество лучистой энергии рассеивается в космическом пространстве и незначительная часть ее (13·10<sup>23</sup> кал/год) поступает на землю. Земля находится на расстоянии 149 млн. км от Солнца [4].

А теперь вернемся на Землю. Солнечный луч достигает нашей планеты, преодолевая огромные расстояния. Ранее отмечено, что гипотеза летящего фотона несостоятельна и что свет – это электромагнитные колебания. Если пространство от Солнца до Земли представлено абсолютной пустотой, то как фотон, которому приписаны волновые свойства, может распространяться; а если пространство занято эфиром (открыто около 300 элементарных частиц и античастиц), то как фотон (нейтральная элементарная частица с нулевой массой и скоростью в вакууме около 300 000 км/с), преодолевает расстояние, занятое эфиром, магнитосферой и атмосферой Земли, вызывая свечение? Видимый свет – это электромагнитные волны в интервале частот (4,0-7,5·)10<sup>14</sup>. Так, например, у натрия, калия и селена эти критические длины волн находятся в пределах видимого спектра света. Поэтому видимый свет может вызывать в них движение электронов.

Около 1/3 солнечной энергии отражается от Земли в виде света (подобно лунному свету). Из 2/3 получаемой Землей энергии ее большая часть превращается в тепло, нагревающее атмосферу, земную поверхность и поверхность океанов, влияя на испарение воды, вызывая ее осадки в виде дождя и снега, а также энергия расходуется на движение воздушных масс, влияя на климат планеты. Лишь менее 1% солнечной энергии преобразуется фотосинтезирующими бактериями, водорослями и высшими растениями, что обеспечивает все жизненные процессы, совершающиеся на Земле, преобразая ее лик.

Мир живых организмов удивительно разнообразен и, по мнению некоторых ученых, насчитывает около 350-500 тысяч видов растений и более двух миллионов видов животных, которые взаимосвязаны и взаимозависимы, так как функционируют одновременно.

Возникновение жизни может рассматриваться как возникновение целостной системы видов, где каждый вид участвует в поглощении поступающих в систему энергии, осуществляя круговорот веществ в природе (земной оболочке). Энергия усваивается однажды автотрофами и по трофическим цепям и сетям перераспределяется между гетеротрофами экосистемы. Живые организмы переводят энергию из одной формы в другую, превращая солнечную энергию в химическую или механическую. В то же время в любой живой системе происходят тысячи различных химических реакций, многие из которых идут синхронно. Сумма всех реакций называется метаболизмом. Удивительно то, что метаболизм во многих своих чертах одинаков у большинства самых разнообразных организмов. Огромная химическая работа совершается в каждой клетке организма.

Клетка – основная структурная единица, присущая всем живым организмам, где осуществляются все биохимические процессы, необходимые для жизни. Тысячи различных молекул образуются в ней в результате биосинтеза. Сумма химических реакций, участвующих в их синтезе, называют анаболизмом. Анаболические реакции идут всегда с затратой энергии, уменьшая энтропию (энтропия – фактор, определяющий направление процесса). В клетках постоянно идет и распад крупных молекул; совокупность процессов распада – катаболизм, который протекает с увеличением энтропии и выделением энергии, необходимой для разных биохимических процессов, происходящих в клетках и для доставки материала для их протекания, что необходимо для жизнедеятельности клеток и организма в целом [5].

Фотосинтез – образование клетками высших растений, водорослей и некоторых бактерий органических веществ из неорганических при участии энергии света. Солнечная энергия при фотосинтезе бактерий, водорослей, зеленых растений запасается (аккумулируется) благодаря образованию новых связей в молекулах синтезируемых питательных веществ, необходимых для их жизни. Исходными соединениями для фотосинтеза служат простые не-

органические вещества – двуокись углерода и вода, из которых образуются более сложные и энергоемкие питательные вещества-углеводы. Фотосинтез охватывает реакции от поглощения световой энергии организмом до преобразования ее в углевод – интенсивность фотосинтеза связана с реакцией, вызываемой светом и температурой.

Пигменты – химические соединения клеток живых организмов, поглощающие видимый свет. Пигменты, которые поглощают свет любой длины волны, кажутся черными, другие поглощают свет только определенной длины волны, а остальные отражают или пропускают. Отраженный свет воспринимает наш глаз.

В эмбриональных клетках растений имеются пропластиды, которые при делении развиваются в бесцветные лейкопласты, окрашенные хлоро- и хромопласты, содержащие хлорофиллы и каротиноиды. С развитием пропластид в хлоропласты образуются тилакоиды, появление которых зависит от света, так же как и последующее позеленение, связанное с синтезом хлорофилла. К пигментам тилакоидов относятся хлорофиллы (зеленой окраски), каротиноиды (оранжевые, красные), фикобилины (красные, синие). Фотосинтетически активный только хлорофилл а – у зеленых растений и бактериохлорофилл у бактерий. Хлорофилл а характерен для всех фотосинтезирующих эукариот и цианобактерий (синезеленых водорослей). Остальные пигменты играют вспомогательную роль. В тилакоидах 200-400 молекул хлорофилла совместно с белками и другими веществами образуют фотосинтетическую систему, структурная целостность которой является обязательным условием для световой реакции процесса фотосинтеза. Хлорофилл а находится в спектрально отличающихся формах из-за различного характера связи его молекул с белком, называемых в соответствии с максимумом поглощения в длинноволновой области спектра – хлорофиллы  $a_{675}$  и  $a_{685}$ , а также встречающихся в малых количествах (около 5%)  $a_{700}$  и  $a_{695}$  (у водорослей).

Совокупность пигментных молекул фотосистемы является «светособирающей линзой», передающей поглощенную энергию фотохимическому центру на хлорофилл. Поэтому более полно используется не поглощаемая хлорофиллом часть спектра солнечного луча. Когда молекула хлорофилла b поглощает энергию, то возбужденный электрон без потерь передает свою энергию хлорофиллу а. Каротиноиды представлены в основном  $\beta$ -каротином у высших растений и водорослей. Они используют энергию света лишь на 50% и играют защитную роль хлорофилла от разрушения при фотоокислении. У высших растений, зеленых и красных водорослей, наряду с  $\beta$ -каротином имеется  $\alpha$ -каротин,  $\gamma$ -каротин (у зеленых водорослей) и продукты окисления каротиноидов – ксантофиллы: лютеин, виолаксантин, криптоксантин и так далее. Все пигменты поглощают волновую энергию света, но только молекула хлорофилла использует поглощенную энергию в фотохимических реакциях.

Механизмы поглощения света и возбуждение хлорофилла. Поглощение колебательной энергии света атомами или молекулами пигментных систем зеленых растений и фотосинтезирующих бактерий сопровождается переходом в короткоживущее возбужденное состояние их электронов, соответствующее энергетическому уровню. Устойчивое стационарное состояние бывает, когда электроны обращаются вокруг ядра с определенной частотой по валентным орбитам, в каждом из которых атом обладает определенной энергией. Поэтому поглощается свет только с совершенно определенной длиной волны (спектры поглощения), (рисунки). Если электроны получают дополнительную энергию, то они переходят из устойчивого стационарного состояния в неустойчивое положение – на энергетически более высокую орбиту (удаленную от ядра атома). Там электроны не удерживаются из-за расхода энергии и возвращаются назад в свою валентную орбиту. При этом выделяется энергия в виде тепла, излучения (флуоресценция, фосфоресценция), фотохимических реакций фотохимических центров, в виде возбуждения соседних молекул, необходимого для переноса энергии к фотохимическим центрам и так далее.

В молекулах с сопряженными двойными связями, как в системе порфириновых колец хлорофилла,  $\pi$ -электроны (валентные электроны двойных связей) делокализованы; они вращаются по  $\pi$ -орбитам вокруг нескольких ядер и, так же как электроны в атомах, могут при поглощении энергии переходить на более высокий энергетический уровень ( $\pi \rightarrow \pi^*$  переходы). Кроме того,  $n$ -электроны, принадлежащие атомам кислорода или азота как компоненты системы сопряженных двойных связей, могут смещаться на  $\pi$ -орбиты в результате поглощения энергии. Но это наиболее медленные и редкие переходы  $n \rightarrow \pi^*$ , чем  $\pi \rightarrow \pi^*$ . В противоположность атомам в молекулах не вся энергия поглощенного света превращается в электронную, необходимую для перехода электронов на более высокий энергетический уро-

вень. Часть ее превращается во вращательную и колебательную энергию вследствие изменения уровня колебаний атомного ядра и состояния вращения молекул. Энергетические состояния молекул не описываются точно фиксированными энергетическими уровнями, как у атомов, а изображаются различными полосами. Чем насыщеннее энергией возбужденное состояние, тем меньше продолжительность такого состояния. Если возбуждение электронов происходит при непрерывной подаче энергии, то они могут продолжительное время находиться во внестационарном состоянии. Распределение зарядов в молекулах клеток, составной частью которых являются электроны, в результате насыщения энергией изменяются, и тогда происходят присоединения соседних молекул, которые объединяют свои собственные связи в общем более стабильном продукте. Такой процесс, вероятно, имел место в превращении прокариотов в эукариотов.

Биологические системы как усилители света. Обычно электроны под влиянием световой волны занимают более высокие энергоемкие позиции, но и имеют нестабильное положение. Как только они переходят на свою валентную орбиту, частота и амплитуда их остаются равными и, следовательно, эффекта усиления света не происходит. Выделяемая энергия проявляется в виде тепла, химических реакций, механических превращений и излучений. В случаях, когда возбужденные колебательными волнами электроны не находят подходящего положения – освобожденной орбиты, они возвращаются снова на свое основное положение – валентную орбиту в возбужденном состоянии. Световые и выделяемые электроном волны накладываются относительно стабильно в фазовом отношении на поступающие волны. Возникает усиленная световая волна с одинаковой частотой, но большей интенсивности. Инду-

цированное таким образом излучение называют усилением света при помощи вынужденного излучения, а системы, работающие на этом принципе, лазерами. Немного известно о биологических лазерах растений, грибов, животных. Но ряд физиков и биологов придерживается мнения, что в молекулах живых организмов возможно многообразие возбужденных лазерных систем: пигментов, белков, ДНК и так далее. Этим объясняется превосходство ультраслабого клеточного излучения по отношению к электромагнитным и другим полям. Такие явления при регулярном повторении приводят к проявлению биоритмов в биологических системах, например, активное деление клеток или цветение разных видов растений в определенное время. Так, например, если осветить раствор хлорофилла и посмотреть на него в темноте, то он светится. Многие морские одноклеточные водоросли днем поглощают энергию света, а ночью наблюдается свечение моря. Для фотосинтеза характерен окислительно-восстановительный процесс.

В хлоропластах образуются не только углеводы, но и липиды, белки, нуклеиновые кислоты и другие вещества. Многие компоненты для синтеза веществ черпаются из цитоплазмы, но большая часть синтезируется в хлоропластах в процессе фотосинтеза.

Гетеротрофные организмы не способны к синтезу органических веществ из неорганиче-

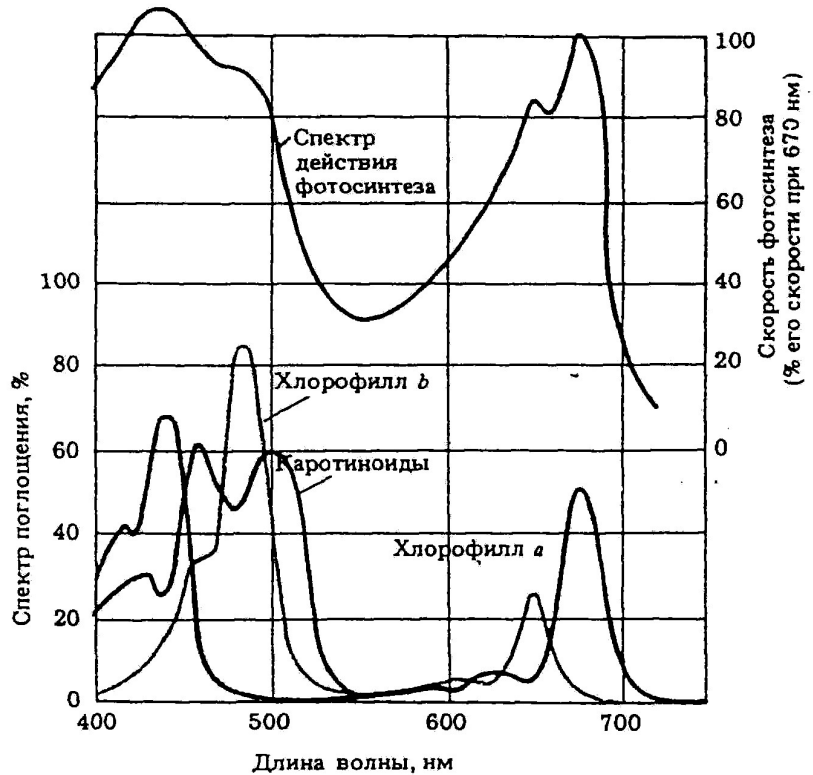


Рисунок – Верхняя кривая показывает спектр действия фотосинтеза, а нижние кривые – спектры поглощения в хлоропласте хлорофиллов a,b и каротиноидов. Совпадение спектров свидетельствует о том, что свет, поглощаемый хлорофиллами a, b и каротиноидами, используется при фотосинтезе

ских. Питательными веществами могут служить разнообразные соединения: белки, жиры, углеводы, спирты и так далее. Вероятно, на Земле нет таких органических веществ, которые не используются для жизни гетеротрофными организмами [6].

Нами установлено влияние пигментов на продуктивность растений и другие признаки в семействе Cucurbitaceae, которые одними из первых были окультурены человеком из-за целебных пищевых плодов. Семейство включает 130 родов и около 900 видов, которые не имеют единого предка (полифилетическое происхождение).

На *Momordica charantia* показано соответствие окраски стеблей и плодов, что, вероятно, обусловлено соотношением хлорофиллов а (сине-зеленый цвет) и b (желто-зеленый), соотношение которых варьирует ~ 3:1, при вызревании плодов хлорофиллы разрушаются, проявляется оранжевый цвет каротиноидов.

Окраска плодов у *Cucurbita pepo* варьирует в широких пределах (более 20 колеров). Расцветки могут меняться в процессе роста плодов под влиянием экологических условий (появление химерных форм) и в процессе их хранения. Этим объясняются противоречивые результаты генетических анализов, полученные разными исследователями при оценке характера наследования колера плодов. Так, Е. Синнот и Г. Дюрем (1922) показали, что белая окраска плодов доминирует над зеленой и желтой. Т. Вайтекер (1932) при скрещивании *Cucurbita pepo* белоплодной дикой формы с зеленоплодной культурной получил при расщеплении гибриды в соотношении белых и зеленых как 71:30 соответственно, что связывает с влиянием дикого образца (отсутствует менделевское расщепление). О. Шифрис (1949) при скрещивании зеленоплодных форм с желтоплодными обнаружил доминирование зеленой окраски в гибридах F<sub>1</sub>, и их отношение при расщеплении гибридов в F<sub>2</sub> было 3:1, а в период полной зрелости – 1:3, то есть произошла смена доминирования окраски. При моногибридном характере наследования окраски поменялось соотношение с преобладанием рецессивного признака над доминантным. В другом случае, при скрещивании оранжевоплодных (генотип — WWYY) и белоплодных (wwyy) форм в гибридах F<sub>1</sub> были зеленые плоды, а при созревании они стали белыми. Расщепление в F<sub>2</sub> дало в недозрелом состоянии 127 белых и 37 зеленых, а при вызревании из 127 белых плодов стало кремовых – 81, белых – 27, желтых – 19. Из 37 зеленых плодов стало кремовых – 21, желтых – 9, оранжевых – 7. Если в недозрелом состоянии соотношение белых плодов и зеленых можно с натяжкой отнести к моногибридному по характеру наследования признаков, то при вызревании плодов не наблюдается моно- и дигибридного характера наследования исследуемой окраски плодов, так как появились новые колеры. Д. Глоберсон (1969) показал, что зеленый цвет плодов контролируется двумя генами С и R, белый – (ccrr), полосатый – (ccRr). Темно-зеленый цвет стебля коррелирует с зеленым плодом. Он доминантен по отношению к светло-зеленой окраске, которая генетически ближе к белой. Скрещивание зеленоплодных форм *C. maxima* с оранжевоплодными дало в F<sub>1</sub> зеленоплодные растения, то есть зеленая окраска доминирует над желтой (без учета фазы наблюдения). Ряд исследователей считает, что полосатость плода доминирует над сплошной желтой и зеленой окраской, контролируется монофакториально. Генетическим анализом, проведенным О. Солсбриг и другими установлено, что белая окраска плодов доминирует над желтой, а желтая над зеленой. Желтая окраска плодов – рецессивный признак по отношению к белой, но доминантный по отношению к зеленой. Белый плод (генотип WW или Ww), желтый плод (генотип wwYY или wwYy), зеленый плод (генотип wwyy). В отсутствие аллеля W (при генотипе ww) плоды будут желтыми. Ген W эпистатичный к гену Y. Аллель Y блокирует образование зеленых пигментов, но не блокирует синтез желтых каротиноидов, а аллель W блокирует синтез обоих пигментов [7, 8]. Такие противоречивые результаты по генетическому контролю окраски плодов не могут быть связаны только с ядерными факторами.

Нами показано на химерных плодах, что окраска плодов у *Cucurbita* и других видов имеет внеядерное наследование, а контролируется пигментными системами, где пигменты превращаются из одних в другие под влиянием экологических условий. Из семян, взятых от одного партеногенетического плода белой окраски, получили 93,0% растений с белыми плодами и 7,0% – с окрашенными. Семена из этого же плода, но обработанные перед посадкой бактериальным препаратом *Pseudomonas fluorescens*, проникающим в цитоплазму проростков, дали 79,1% растений с белыми плодами и 20,9% – с измененной окраской плодов, в том числе светло-зеленых – 4,2%, оранжевых – 4,2%, темно-зеленых – 12,5%. Кроме того, отмечен плейотропный эффект под влиянием *P. fluorescens* (появление плетистых форм из кустистых и так далее). На химерных плодах показано, что продуктивность растений и свя-

занный с ней гетерозисный эффект так же, как и экологический, обусловлен наличием пластид, а именно хлорофиллов. Так, базальные части отдельных плодов оранжевой окраски отличались от апикальных – зеленой окраски – меньшими размерами и слабым иммунитетом. Оранжевые плоды также были меньших размеров, хуже хранились и сильнее поражались грибными заболеваниями, чем зеленые. У зеленых плодов при хранении исчезала зеленая окраска и проявлялась оранжевая из-за распада хлорофиллов. Многие бактерии семейства *Pseudomonadaceae* широко используются в хозяйственной практике. Таким образом, наследственная система зеленых растений складывается не только из ядерных, но и цитоплазматических наследственных факторов.

Интересные результаты получены по связи окраски цветков с количественными признаками у *Antirrhinum majus* и у других видов. Неполное доминирование окраски цветков, несомненно, обусловлено пигментными системами. Растения с темноокрашенными цветками улавливали больше энергии солнечного луча, особенно коротковолнового излучения по сравнению со светлоокрашенными, поэтому они были достоверно раннеспелыми и склонными к самоопылению [9]. Растения с розовой окраской цветков были более высокими, а с желтыми и оранжевыми цветками – более низкими и менее продуктивными, вероятно, вследствие отражения их каротиноидами коротковолнового излучения.

Органеллы клетки и симбиоз. У всех организмов, выделяющих кислород в процессе фотосинтеза (цианобактерий, водорослей и растений) участвует хлорофилл а. Сходство всех хлоропластов лишь предполагает их общее происхождение, хотя автотрофы резко различаются по разным признакам. Они явно не могли произойти от одного фотосинтезирующего предка. Единство биохимии и структуры хлоропластов связывают с особенностями образования этих органелл. Возникновение симбиозов можно проследить на разнообразии аналогичных взаимоотношений существующих у водорослей с беспозвоночными и грибами. Симбиогенез пластид в настоящее время считается практически доказанным. Большинство исследователей склоняются к мысли, что наиболее вероятным аналогом свободноживущих хлоропластов являются сине-зеленые водоросли. Гипотеза симбиогенеза митохондрий немногим моложе симбиоза пластид. Она полагает, что три основные типа клеточных органелл – митохондрии, фотосинтезирующие пластиды и базальные тельца жгутиков были когда-то свободноживущими прокариотическими клетками. Теория симбиогенеза Портье (1918) утверждает, что внутриклеточный симбиоз с бактериями есть всеобщая особенность растений и животных [9].

Таким образом, волновая энергия солнечного луча преодолевает огромные расстояния, проникая через атмосферу Земли, и преобразуется в основных структурных образованиях живых организмов – клетках, влияя на их организацию. Единство биохимических реакций и, в то же время разнообразие живых организмов свидетельствует о том, что живые существа способны соединяться, устанавливать связи на разных уровнях организации живого, жить внутри друг друга, возвращаться к прежней организации, приспосабливаться, как только можно, к условиям среды, размножаться, участвуя в создании биосферы и биосферных процессов. Жизнь на Земле пульсирует в соответствии с ритмами поступающей энергии. Так устроен наш мир.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зуев, А.К. Высокоэффективная виброизоляция судового энергетического оборудования / А.К. Зуев, О.Н. Лебедев. -Новосибирск, 1997. -50 с.
- 2 Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.2. / М.И. Бать. -М.: Наука, 1964. -476 с.
- 3 Харбегия, Л.И. Об одной предпосылке вероятностной трактовки общей теории относительности / Л.И. Харбегия // Астроном. журн. -1994. -Т.71, №31. -С. 5-6.
- 4 Советский энциклопедический словарь. -4-е изд. -М.: Сов.энциклопедия, 1989. -1630 с.
- 5 Жизнь растений. В 6 т. Т.1. -М.: Просвещение, 1974. -486 с.
- 6 Современная ботаника / П. Рейвн [и др.]. -М.: Мир, 1990. -347 с.
- 7 Фурса, Т.Б. Культурная флора СССР. Тыквенные (арбуз, тыква) / Т.Б. Фурса, А.И. Филлов. -М.: Колос, 1982. -278 с.
- 8 Популяционная биология и эволюция / О. Солбриг [и др.]. -М.: Мир, 1982. -354 с.
- 9 Маргулис, Л. Роль симбиоза в эволюции клетки / Л. Маргулис. -М.: Мир, 1983. -335 с.

## МЕТОДИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕПОВСКОЙ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЭЛЕМЕНТАМ НОРМИРОВАНИЯ

Омский государственный университет путей сообщения

Е.А. Сидорова, С.П. Железняк

Приведены результаты исследований формирования величины удельного расхода электроэнергии (УРЭ) в локомотивном депо на различных уровнях интеграции данных. На основе установленных статистических закономерностей предложена методика определения групповых и индивидуальных технологических норм энергозатрат на тягу поездов при заданной для депо в целом плановой величине УРЭ.

Стратегическими направлениями научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. определена задача снижения удельного расхода электроэнергии (УРЭ) на тягу поездов, одним из условий решения которой является правильное и объективное его нормирование. В силу сложившейся на сети железных дорог практики под нормированием в данном случае подразумевается распределение заданной вышестоящим подразделением нормы по нижестоящим уровням. Так, теплотехник локомотивного депо решает задачу по определению групповых и индивидуальных технологических норм на каждую из возможных поездок при заданной для депо в целом плановой норме УРЭ. В условиях большого количества заранее неизвестных параметров данная задача является весьма сложной и неопределенной.

В настоящее время в вычислительных центрах железных дорог функционируют автоматизированные системы интегрированной обработки маршрутов машинистов (ИОММ), в базах данных которых имеется полная информация по генеральной совокупности поездок, в том числе сведения об энергопотреблении на тягу и влияющих на него факторах. На основе анализа таких данных по локомотивному депо Омск Западно-Сибирской железной дороги за период с 2001 по 2006 г. в Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС) установлены статистические закономерности формирования УРЭ на различных уровнях нормирования (по видам движения, поездо-участкам, категориям поездов) и разработана методика определения групповых и индивидуальных технологических норм УРЭ на поездки исходя из заданной нормы по депо в целом. Особенностью выполненного исследования является обширный объем исходного статистического материала, включающий в себя данные более 1 млн. маршрутных листов машинистов, что свидетельствует о высоком уровне достоверности полученных результатов.

Основным фактором, определяющим УРЭ за поездку с грузовым поездом на конкретном поездо-участке, является средняя масса  $q$ , приходящаяся на ось вагона. Зависимость  $a_s(q)$  носит гиперболический характер и может быть представлена в виде математической модели парной регрессии

$$a_s = A_0 + A_1/q, \quad (1)$$

где  $A_0, A_1$  – коэффициенты, определяемые в процессе статистической обработки эксплуатационных данных.

Такую обработку следует производить по средним значениям УРЭ  $a_{s,i}$  в интервалах (квантах) массы на ось вагона с учетом статистического веса точек по доле выполненной работы  $\alpha_i$  в каждом кванте:

$$\alpha_i = \frac{(QL)_i}{\sum_{i=1}^n (QL)_i}, \quad (2)$$

где  $(QL)_i$  – тонно-километровая работа, выполненная в  $i$ -м кванте;

$n$  – количество квантов.

Коэффициенты корреляции для 430 таких зависимостей, полученных за каждый месяц рассматриваемого периода по трем участкам в четном и нечетном направлениях движения по депо Омск, имеют высокие значения и находятся в диапазоне 0,993-0,999.



Вследствие особенностей профиля пути зависимости  $a_3(q)$  для разных участков имеют различную крутизну, оцениваемую коэффициентом крутизны

$$k_{кр} = a_{эп} / a_{эб}, \quad (3)$$

где  $a_{эп}$  – УРЭ в кванте порожних поездов ( $q_n = 5-7$  т);

$a_{эб}$  – УРЭ в базовом кванте со средней массой на ось  $q_b$ .

В качестве базового рекомендуется выбирать элемент с достаточно стабильным УРЭ и наибольшим объемом выполненной тонно-километровой работы за длительный период наблюдений.

На УРЭ участка в целом влияют не только значения УРЭ по квантам, но и структура грузопотока, которая зависит от сложившихся транспортных связей в обслуживаемом регионе и характеризуется долей выполненной работы  $\alpha_j$  в каждом кванте. Исходя из вышесказанного, УРЭ на поездо-участке можно определить по формуле

$$a_{3уч} = \sum_{i=1}^n a_{3i} \alpha_i. \quad (4)$$

Значение УРЭ в грузовом движении по депо в целом аналогично формуле (4) определяется выражением

$$a_{3ГД} = \sum_{j=1}^z a_{3j} \beta_j, \quad (5)$$

где  $a_{3j}, \beta_j$  – соответственно УРЭ и доля работы на  $j$ -том поездо-участке;

$z$  – количество поездо-участков, обслуживаемых бригадами депо.

Распространяя подобный подход на более высокий уровень интеграции данных, УРЭ по депо в целом можно вычислить по формуле

$$a_{3д} = a_{3ГД} \gamma_{ГД} + a_{3ПД} \gamma_{ПД} + a_{3ВР} \gamma_{ВР} = \sum_{k=1}^s a_{3к} \gamma_k, \quad (6)$$

где  $a_3, \gamma$  – с соответствующими индексами представляют собой УРЭ и долю работы в грузовом движении (ГД), пассажирском движении (ПД) и прочих видах движения, объединенных в группу «Вспомогательная работа» (ВР);

$s$  – количество видов движения в депо.

Общая схема, отражающая объективный процесс формирования фактического значения УРЭ по депо в целом, представлена на рисунке 1. Здесь и далее для упрощения приведены результаты исследований с детализацией только по грузовому движению, которое является преобладающим и наиболее энергоемким в большинстве локомотивных депо. При анализе и нормировании УРЭ в других видах движения используется аналогичный подход.

На каждом поездо-участке абсолютные значения УРЭ по квантам, коэффициент крутизны и структура грузопотока во многих случаях имеют сезонный характер и несколько изменяются в течение года. При анализе и сопоставлении таких зависимостей между собой целесообразно представить их в относительных единицах, важным преимуществом которых

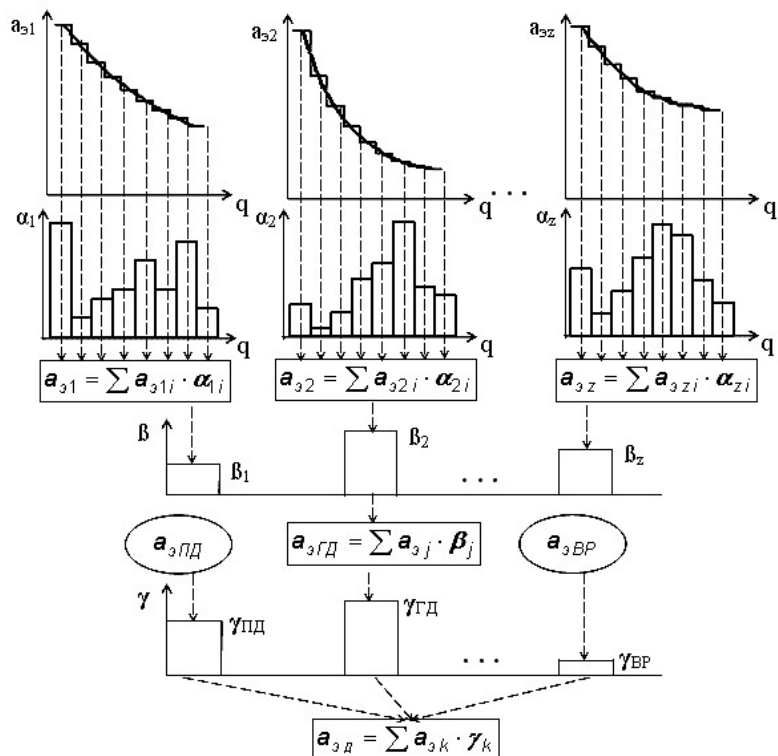


Рисунок 1 – Схема формирования УРЭ по депо

является то, что они позволяют абстрагировать различия абсолютных значений, вследствие чего возможны самые разнообразные сравнения явлений. Особой разновидностью относительных величин структуры являются относительные величины координации [1], представляющие собой соотношения отдельных частей целого с одной из них, принятой за базу сравнения. Использование именно таких величин положено в основу разработанной методики распределения нормы УРЭ по нижестоящим уровням.

Методика базируется на рациональном учете объективно сложившихся статистических закономерностей формирования величины УРЭ на различных уровнях интеграции данных (от УРЭ отдельной поездки до депо в целом) и предполагает использование приведенной на рисунке 1 логической схемы в обратном порядке (снизу вверх).

На первом этапе практической реализации методики по данным отчета ф. ТХО-1 о расходе энергии на локомотивы бригадами депо на каждом уровне нормирования определяют среднестатистические соотношения двух видов:

– относительные значения УРЭ между смежными уровнями нормирования (по вертикали), названными нами нормативными коэффициентами (НК)

$$\bar{K}_{ny} = \left( \frac{a_{ay+1}}{a_{ayb}} \right); \quad (7)$$

– относительные значения УРЭ на одном уровне нормирования (по горизонтали)

$$\bar{a}_{ayi}^* = \left( \frac{a_{ayi}}{a_{ayb}} \right), \quad (8)$$

где  $a_{ay+1}$  – УРЭ в целом на вышестоящем уровне нормирования;

$a_{ayb}$  – УРЭ базового элемента на текущем уровне нормирования;

$a_{ayi}$  – УРЭ  $i$ -го элемента на текущем уровне нормирования.

В формулах (7) и (8) верхняя черта над символом означает среднее (\*-относительное значение соответствующего показателя).

Обязательным условием применения методики является высокая стабильность указанных соотношений УРЭ и тонно-километровой работы во времени, которая оценивается среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  и коэффициентом вариации  $\nu$ , % [2]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}; \quad \nu = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (9)$$

где  $x_i, \bar{x}$  – соответственно единичное и среднее значения наблюдаемой величины;

$N$  – количество наблюдений.

*Таблица 1 – Коэффициенты вариации нормативных показателей*

Наименование показателя	Формула для расчета	Коэффициент вариации, %
НК по видам движения	$K_{ндв} = a_{эд} / a_{эдвб}$	0,80-2,25
Соотношения УРЭ по видам движения	$a_{эдвк}^* = a_{эдвк} / a_{эдвб}$	2,16-5,91
НК по поездо-участкам в грузовом движении	$K_{нуч} = a_{эгд} / a_{эучб}$	0,84-3,91
Соотношения УРЭ по поездо-участкам	$a_{эучj}^* = a_{эучj} / a_{эучб}$	1,47-8,93
НК по категориям поездов по поездо-участкам	$K_{нqj} = a_{эучj} / a_{эqb j}$	1,51-8,49
Соотношения УРЭ по категориям поездов по поездо-участкам	$a_{эqji}^* = a_{эqji} / a_{эqb j}$	0,81-7,87

Анализ статистических данных по локомотивному депо Омск показал, что колеблемость участвующих в формировании УРЭ по депо показателей, как правило, увеличивается по мере снижения уровня интеграции данных, но является достаточно низкой, что позволяет использовать их в качестве ориентира при расчете норм. Для примера в таблице 1 приведены диапазоны изменения коэффициентов вариации некоторых нормативных показателей, рас-

считанных по статистическим данным за период 2001-2006 гг. При этом в качестве базовых элементов приняты участок Барабинск-Московка и интервал массы на ось  $q = 21-23$  т.

На втором этапе реализации методики в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2, осуществляется расчет групповых норм УРЭ последовательно по уровням: по грузовому движению в целом  $a_{эГД}$ , на базовом поездо-участке грузового движения  $a_{эучб}$ , на остальных участках  $a_{эучj}$ , в базовых квантах каждого участка  $a_{эqбj}$ . Исходной величиной при этом является плановый УРЭ по депо в целом на планируемую работу  $a_{эд}$ , формулы для расчета нормативных коэффициентов приведены в таблице 1.

На последнем этапе разложения деповской нормы осуществляется расчет индивидуальных технологических норм УРЭ по категориям грузовых поездов  $a_{эqji}$  для каждого  $j$ -го поездо-участка на основе среднестатистических соотношений УРЭ  $\bar{a}_{эqji}^*$  по формуле

$$a_{эqji} = a_{эqбj} \cdot \bar{a}_{эqji}^*, \quad (10)$$

или по зависимости (1), где

$$A_0 = a_{эqбj} \frac{q_{бj} - \bar{k}_{крj} q_{пj}}{q_{бj} - q_{пj}}; \quad A_1 = a_{эqбj} q_{бj} q_{пj} \frac{\bar{k}_{крj} - 1}{q_{бj} - q_{пj}}. \quad (11)$$

Распределение тонно-километровой работы и УРЭ по категориям поездов изменяются по месяцам года, возможно и их изменение по годам в связи с различиями в условиях пропуска поездов, характере перевозимых грузов и других эксплуатационных факторов. Поэтому при разложении нормы на всех перечисленных уровнях необходимо учитывать сезонный характер изменения нормативных параметров, т.е. использовать среднемесячные значения коэффициентов или определять их в среднем за несколько лет для ограниченного периода года (например, для зимы или лета).

В случае эксплуатации в депо нескольких серий локомотивов с различной энергоемкостью предложенный порядок распределения нормы реализуется для каждой серии отдельно.

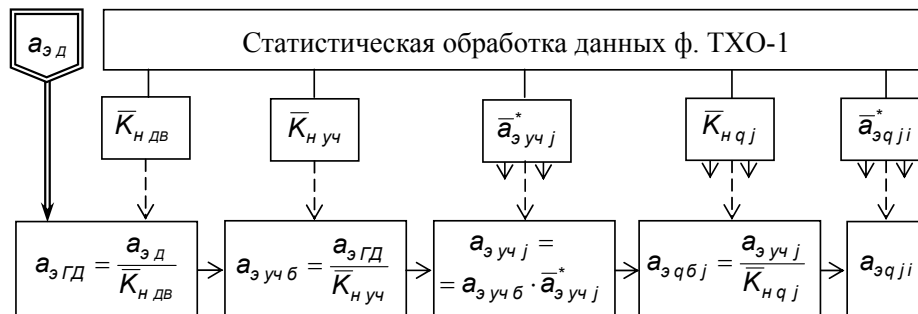


Рисунок 2 – Распределение плановой нормы УРЭ по депо в целом по категориям грузовых поездов

С целью проверки объективности установления плановых значений УРЭ по элементам нормирования  $a_{эqji}$  выполнен расчет права расхода энергии для всех поездо-участков депо Омск за каждый месяц 2006 г. по формуле

$$A_{эучj} = \sum_{i=1}^n [a_{эqji} (QL)_{qji}^{\phi}], \quad (12)$$

где  $(QL)_{qji}^{\phi}$  – фактическое значение тонно-километровой работы по квантам.

Анализ расхождений фактического энергопотребления и соответствующих плановых значений  $A_{эучj}$  свидетельствует о достаточной их сходимости (погрешность нормирования не превышает 4,5%). Следует заметить, что полного совпадения планового и фактического значений УРЭ на любом уровне нормирования достичь в принципе невозможно, даже если использовать статистические значения применяемых коэффициентов и соотношений за длительный период наблюдений. Степень их расхождения зависит от того, насколько конкретная структура грузопотока и УРЭ в относительных единицах отличаются от их среднестатистических величин. Аналогичный анализ точности норм, установленных в депо тради-

ционным способом, показал худшие результаты по сравнению с предложенной методикой (погрешность нормирования в этом случае достигает 8,7%).

Полученные выводы были подтверждены при практической реализации методики для локомотивных депо Инская и Белово Западно-Сибирской железной дороги.

Необходимо подчеркнуть, что разработанная методика дает возможность прогнозировать распределение УРЭ, опираясь только на статистические данные, содержащиеся в отчетности, не имея информации об условиях эксплуатации в предстоящем планируемом периоде. К другим ее достоинствам можно отнести простоту обработки статистических данных, удобство автоматизации и наглядность при использовании в практической работе. В настоящее время методика реализована в составе АРМ теплотехника локомотивного депо, функционирующего на Западно-Сибирской железной дороге.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Статистика железнодорожного транспорта: учебник / под ред. А.А. Поликарпова, А.А. Вовк. -М.: Маршрут, 2004. -510 с.

2 Теория статистики: учебник / под ред. проф. Р.А. Шмойловой. -М.: Финансы и статистика, 2002. -560 с.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

<b>Зачёсов А.В.</b> ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА «МАЛЫЕ РЕКИ».....	5
<b>Зачёсов А.В., Дерябина И.С.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ОТ ПОСТАВЩИКА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ .....	8
<b>Масленников С.Н.</b> ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СИБИРИ.....	11
<b>Овсянников А.С., Иозапайтис Т.А.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЛАТЫ ПЛАВСОСТАВА ОАО «НОВОСИБИРСКИЙ РЕЧНОЙ ПОРТ» .....	15
<b>Астахова В.Ю.</b> К ВОПРОСУ О СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ НА РЕЧНОМ ТРАНСПОРТЕ В ВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ .....	18
<b>Винниченко В.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ УЧАСТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОВОДА ВСТО .....	21
<b>Чернышов И.П.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАВОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТАРИФОВ НА ВЕЛИЧИНУ ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ ПО ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ.....	25
<b>Ноздрачёва Н.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В РАЙОНАХ НОВОГО ОСВОЕНИЯ .....	28
<b>Поликарпова Я.Н.</b> ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТА.....	31
<b>Никифоров В.С., Осипов О.И., Федоров Л.Н.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ .....	35
<b>Шаталова О.С.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЕРЕГРУЗКИ РЕЧНЫХ ПОРТОВ .....	38
<b>Фюттик И.Г., Путилова Н.Н.</b> РЕСУРСНЫЕ РИСКИ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ .....	42
<b>Щербинина М.А.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПОСЛЕ СОЗДАНИЯ ОСОБЫХ ПОРТОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН.....	46
<b>Попкова Д.В.</b> ПЕРСОНИФИЦИРОВАННАЯ ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА КАК ОСНОВА ПРОЦЕССА «МАРКЕТИНГ ПРОДУКЦИИ» НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА .....	48
<b>Лазарев Д.В.</b> КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	51
<b>Алексеева В.В.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИГРАНИЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ .....	53
<b>Коршунов Д.А.</b> РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	56
<b>Федюшин А.В.</b> АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТА .....	60

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Матюгин М.А.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВКАМИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕЧНЫМИ ПОРТАМИ .....	62
<b>Крылов П.К.</b> НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	66
<b>Сергеева Т.С., Уткин Р.И.</b> АНАЛИЗ РЫНКА КРЕДИТНЫХ УСЛУГ .....	71
<b>Чертовских Ю.С.</b> КОНЦЕПЦИЯ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	73
<b>Гриценко Т.Ф.</b> ЗНАЧЕНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ .....	76
<b>Антоненко С.О.</b> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ВАРИАНТОВ ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПОРТУ .....	79
<b>Степанец И.А.</b> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЧАЛОВ ПОРТА .....	82
<b>Рожков А.Н.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА (ПХК) В СТРУКТУРЕ ДЦУП .....	85
<b>Никитина Е.Ю., Северова М.О.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ УЧЕТА НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАНСФЕРТНЫХ ЦЕН НА ПРОДУКЦИЮ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «РЖД» .....	88
<b>Задорнов В.А.</b> ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИЗДЕРЖКАМИ КОМПАНИИ «РЖД» .....	93
<b>Коркин В.В.</b> МЕТОД ОЦЕНКИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ .....	97
<b>Рубежанский П.Н.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННО-ПООЩРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	100
<b>Плетнев Д.П.</b> ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМОВ И СТРУКТУРЫ ГРУЗОВ НА ДОХОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА .....	102
<b>Москаленко М.А., Субботин З.М.</b> ОЦЕНКИ РИСКОВ НА РЫНКЕ МОРСКОГО СТРАХОВАНИЯ СУДОВ .....	106
<b>Сиденкова Е.А.</b> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА .....	107
<b>ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>	

<b>Бик Ю.И., Приданова О.В.</b> ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ЯКУТСКОГО РЕЧНОГО ПОРТА .....	112
<b>Коробова О.А., Ломанов А.В., Сулимова А.С., Юрин П.С.</b> К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ОСАДОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ .....	114

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Мерданов Ш.М., Шакмаков А.Ф.</b> ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОКАТКА ДЛЯ ПРОМИНКИ БОЛОТНЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД АВТОЗИМНИКИ.....	116
<b>Иванов А.А., Мерданов Ш.М.</b> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАТКА С ПОДВИЖНЫМИ ШПОРАМИ.....	119
<b>Клишин И.В.</b> РОЛЬ УСТЬЕВЫХ БАРОВ АРКТИЧЕСКИХ РЕК В ТРАНСПОРТНЫХ, РУСЛОВЫХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	121
<b>Полянская А.С., Шамова В.В.</b> РАДИОВОЛНОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В РАМКАХ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ СИБИРИ.....	124
<b>Панов А.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПОЛУЗАПРУД ПРИ ДВУСТОРОННЕМ СТЕСНЕНИИ ПОТОКА.....	126
<b>Павлинов А.Ю., Пономарев С.В.</b> РОЛЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ В РАЗРАБОТКЕ И ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ.....	128
<b>СУДОВОЖДЕНИЕ</b>	
<b>Черепанов Ю.Н.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОВОДЬЯ НА АБСЦИССУ ГЛАВНОГО ВЕКТОРА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КОРПУСНЫХ СИЛ СУДНА .....	132
<b>Кац В.А., Комаровский Ю.А.</b> КОНТУР ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТ GPS-ПРИЁМНИКОВ.....	133
<b>Бобровский Д.И.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ БОРТОВЫХ ТОРМОЗНЫХ ЩИТОВ ОТ УГЛА ИХ РАСКРЫТИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ .....	137
<b>Гридасов Г.С.</b> АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ УДЕРЖАНИЯ СУДНА НА ЗАДАННОЙ ЛИНИИ ПУТИ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПО УКЛОНЕНИЯМ, ВЫРАБАТЫВАЕМЫМ СУДОВОЙ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРОЙ.....	140
<b>Маркин А.П.</b> ПАРАМЕТРЫ СИНОПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ЗОНЫ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ И ЗОНЫ ОПАСНОГО ВОЛНЕНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА.....	143
<b>Драчев В.Н.</b> РАСЧЕТ ТОЧКИ ПЕРЕКЛАДКИ РУЛЯ ПРИ ПОВОРОТЕ С УЧЕТОМ ЦИРКУЛЯЦИИ.....	146
<b>Потутаровский А.И.</b> СОВРЕМЕННЫЕ МЕРЫ И СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АВАРИЙ И ЭЛАСТО-ПНЕВМО-КОНСТРУКТИВНЫЙ МЕТОД СОХРАНЕНИЯ ГЛАВНЫХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КАЧЕСТВ СУДОВ .....	151
<b>Саяпин Ю.Л., Гомзяков М.В., Ильина С.С.</b> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТИ СУДОВОГО ПЕРСОНАЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМУМА В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УЧЕТНЫХ СИСТЕМАХ.....	155
<b>Фунтусов А.А.</b> ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ АВАРИЙНОСТИ МОРСКОГО ФЛОТА ОТ ЕГО ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ .....	159

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

---

### ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

---

---

<b>Пахомова Л.В.</b> ВИБРОЗАЩИТНОЕ КРЕСЛО-ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....	163
<b>Штельмах С.В., Глушков С.С., Викулов С.В.</b> РАБОТА ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	164
<b>Коврижных Л.М.</b> РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИСКРЕТНЫХ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ .....	167
<b>Кузьмин В.И., Зоткевич А.В., Бекетов А.И., Исаенко Р.В., Михальченко А.А., Токарев А.О</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСООУГЛЕРОДИСТОГО ЛЕГИРОВАННОГО СПЛАВА, НАНЕСЁННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИСКОВЫХ НОЖЕЙ.....	170
<b>Фомин В.И., Куделин О.Г.</b> НОВЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА .....	173
<b>Куделин О.Г., Смирнова Е.В.</b> ВЫЧИСЛЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНЫХ СУММ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ .....	176
<b>Гнездило А.Ю.</b> ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА БЕЗ УЧЕТА СИЛ ТРЕНИЯ .....	180
<b>Бимбереков П.А.</b> ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА РЕМОНТА СУДОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ИМЕЮЩИХ РАМНЫЕ БАЛКИ С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ .....	182
<b>Тарасов В.В., Малышко С.Б.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ СТАЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ .....	185
<b>Токарев А.О., Пеньков Р.Ф., Иванчик И.С., Иванчик С.Н.</b> ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВАЛОВ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ.....	187
<b>Новоселов А.Л., Стопорева Т.А., Грабовская Н.Н.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ .....	191
<b>Новоселов А.Л., Батулин Н.В., Унгефук А.А.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА .....	194
<b>Мельберт А.А., Жуйкова А.А., Тихомиров М.Л., Большанина Ю.В.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА.....	197
<b>Викулов С.В., Глушков С.С., Штельмах С.В.</b> КРИТЕРИЙ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ .....	201
<b>Балашов А.А., Карпов И.А., Вебер Р.А.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ ГАЗООБМЕНА ПОРШНЕВЫХ ДВС .....	202
<b>Титов С.В., Антонов В.Е., Юр Г.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ГАЗОВОЙ ПРИСАДКИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ОКИСЛОВ АЗОТА В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ .....	204



---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Сковородников Е.И., Михеев В.А.</b> ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗА .....	206
<b>Даничкин В.Н., Надежкин А.В.</b> УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРИБОМОНИТОРИНГА .....	210
<b>Надежкин А.В.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМНЫХ ПРИНЦИПОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТРИБОДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ .....	212
<b>Соколова И.В.</b> АНАЛИЗ ДИСПЕРСНОСТИ ПРОДУКТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ДОЛИВАХ В СИСТЕМУ СМАЗКИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ.....	215
<b>Таращан Н.Н., Голенищев А.В.</b> ТОНКАЯ ОЧИСТКА МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ КОМБИНИРОВАННЫМ ФИЛЬТРОВАНИЕМ .....	218
<b>Романченко М.К.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ПРУЖИНЫ .....	223
<b>Шувалов Г.В., Ясырова О.А.</b> АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	226
<b>Савинов Ю.П.</b> ВИБРОЗАЩИТНЫЙ КЛЕПАЛЬНЫЙ МОЛОТОК.....	228
<b>Исаенко Р.В.</b> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-РЕМОНТНОГО ЦЕХА.....	229
<b>Гросс В.Ю., Гурова Е.Г.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ ПОДВЕСКИ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ.....	232

---

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

---

<b>Горелов С.В., Долгушин С.Б., Кислицын Е.Ю., Крышталёв В.Е., Руппель А.А.</b> СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	235
<b>Горелов С.В., Долгушин С.Б., Крышталёв В.Е., Куликов С.Г., Руппель А.А.</b> АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ .....	239
<b>Вишнягов М.Г., Дука А.И., Иванова Ю.М., Сальников В.Г.</b> ВЛИЯНИЕ РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ И СУБЪЕКТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	243
<b>Иванов Г.Я., Кузнецов А.Ю.</b> УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В КАНАЛАХ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ .....	246
<b>Иванов Г.Я., Глазырин М.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ-ЛОПАСТНОЙ НАСОС-ТРУБОПРОВОД .....	248
<b>Калугин М.В., Бирюков В.В.</b> АНАЛИЗ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ТРАМВАЯ КАК ОБЪЕКТА ДИАГНОСТИКИ.....	252
<b>Вертохвостов А.П.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА.....	255

<b>Спиридонов Е.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗОК В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА.....	258
<b>Сопов В.И., Штанг А.А., Прокушев Ю.А., Бирюков В.В.</b> О МЕТОДИКЕ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НАЗЕМНОМ ГОРОДСКОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТЕ .....	262
<b>Филипп В.Б., Щуров Н.И.</b> ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ .....	267
<b>Кузнецов С.М., Мятаж А.В., Мятаж С.В.</b> УПРАВЛЕНИЕ ПРИВОДОМ СЕКЦИОННОГО РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ .....	270
<b>Ворфоломеев Г.Н., Евдокимов С.А., Морозов П.В., Сопов В.И.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ СКОТТА НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ .....	273
<b>Бялик А.Д.</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АМПЛИТУДНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	276
<b>Бялик А.Д.</b> АМПЛИТУДНЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ КАК ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ .....	278
<b>Маслов Г.П., Свешникова Н.Ю., Кандаев А.В.</b> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «АРМАТУРА-БЕТОН».....	282
<b>Кандаев В.А., Авдеева К.В.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА.....	286
<b>Борисенко Д.В., Гришечко С.В.</b> ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ.....	290
<b>Кандаев В.А., Елизарова Ю.М.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «МЕТАЛЛ-ЭЛЕКТРОЛИТ» ДЛЯ АЛЮМИНИЕВОГО, СВИНЦОВОГО И МЕДНОГО ЭЛЕКТРОДОВ .....	294
<b>Антонов А.А., Клоков В.В., Силин Н.В.</b> ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИЗЛУЧАЕМОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ .....	296
<b>Зуев А.К., Пшеницын Л.А.</b> СВЕТ И ЖИЗНЬ .....	299
<b>Сидорова Е.А., Железняк С.П.</b> МЕТОДИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕПОВСКОЙ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЭЛЕМЕНТАМ НОРМИРОВАНИЯ.....	306