

КОНТРАКТНАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Н.Н. Путилова, М.Г. Сунина

THE CONTRACT SYSTEM AS A TOOL TO SUPPORT SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES

Siberian state university of water transport

Novosibirsk state universite

N.N. Putilova, M.G. Sunina

The article describes the main preferences to small and medium-sized businesses in the state procurement of goods, works, services, the author focuses on the problem of the contract system realization mechanism imperfection for entrepreneurs.

Keywords: small and medium enterprises, competitive bidding, contract system, state procurement

Рассмотрены основные предпочтения малому и среднему бизнесу в сфере госзакупок товаров, работ, услуг, акцентируется внимание на проблеме несовершенства механизма реализации контрактной системы для предпринимателей.

Малое и среднее предпринимательство – важная и необходимая составляющая любой рыночной экономики. По данным Росстата на 1 января 2014 года в России зарегистрировано 5,6 млн. субъектов малого и среднего бизнеса, на долю которого приходится 25% от общей численности занятых в экономике и около 25% от общего объема оборота продукции и услуг, производимых предприятиями страны.

В юридической и экономической литературе дается множество определений малого предпринимательства или малого бизнеса, затрагивающих различные аспекты данного явления. Наибольший интерес представляет определение термина «малое предпринимательство», данное так называемой комиссией Боултона, которая указывает три основных признака малого предприятия [4]:

- небольшой рынок сбыта, не позволяющий фирме оказывать значительное влияние на цены и объемы реализуемого товара;
- правовая независимость – предприятие управляется не через формализованную управленческую структуру, а собственником или партнерами-собственниками, которые сами контролируют свой бизнес. Это условие позволяет исключить мелкие филиалы крупных фирм;
- персонифицированное управление, предполагающее, что собственник или партнеры-собственники сами участвуют во всех аспектах управления бизнесом и в процессе принятия всех решений и свободны от любого контроля извне.

В соответствии с российским законодательством к малым и средним предприятиям относятся внесенные в ЕГРЮЛ потребительские кооперативы и коммерческие организации (за исключением государственных и муниципальных унитарных предприятий), а также физические лица, внесенные в ЕГРИП (индивидуальные предприниматели), крестьянские (фермерские) хозяйства. Следует отметить, что потребительский кооператив – единственная правовая форма некоммерческих организаций, которая допустима для приобретения статуса субъекта малого и среднего бизнеса. Вопрос о возможности наделения некоммерческих организаций статусом субъектов малого предпринимательства является дискуссионным.

Субъекты малого и среднего предпринимательства выполняют ряд важных социально-экономических задач: создание рабочих мест, повышение конкуренции в стране, участие в формировании бюджетов всех уровней и др. Малый и средний бизнес имеет неоспоримые преимущества перед крупными предприятиями: высокая мобильность, возможность дифференциации условий труда, быстрая адаптация к конъюнктурным потребностям рынка. С другой стороны, малые предприятия более уязвимы в конкурентной борьбе, им труднее осваивать новые рынки сбыта, особенно в странах, где велика монополизация многих видов экономической деятельности.

Во всех развитых странах одним из основных направлений государственной экономической политики является поддержка малого и среднего предпринимательства. Не является

исключением и Российская Федерация.

В условиях экономического кризиса и санкций, введенных Евросоюзом и США в отношении России, еще более актуальной становится господдержка субъектов предпринимательской деятельности не только прямыми инвестициями, но и законодательным путем. Так, одним из эффективных инструментов поддержки малого и среднего бизнеса является его правовое стимулирование за счет создания специальных благоприятных условий для участия в государственных и корпоративных закупках.

Новое законодательство о контрактной системе (законы №223-ФЗ и №44-ФЗ) внесло изменения в правила закупок для представителей малого и среднего бизнеса, оставив в прошлом Федеральный закон РФ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» (закон №94-ФЗ). Государственный заказ полностью перешел на контрактную систему.

В Российской Федерации законодательной и исполнительной властью постоянно принимаются меры, расширяющие права малого и среднего бизнеса и стимулирующие предпринимателей к участию в выполнении государственного заказа [1-3]. В частности, возросла максимальная сумма контракта и увеличена доля малого бизнеса в госзаказе; введено административное наказание за несоблюдение этой квоты; внедрена система электронных торгов; власти регионов имеют право самостоятельно разрабатывать механизмы поручительства за малый бизнес. В рамках нового законодательства обеспечение заявки на участие в конкурсе или закрытом аукционе может предоставляться участником закупки не только путем внесения денежных средств, но и банковской гарантией, что позволит снизить затраты предприятий на участие в закупках.

Преимуществом для малого бизнеса является также и то, что размер обеспечения заявки не может для такого участника государственной закупки превышать 2% начальной (максимальной) цены контракта (ч. 15 ст. 44 закона о контрактной системе №44-ФЗ). Для всех остальных потенциальных поставщиков максимальный порог размера обеспечения заявки составляет 5% начальной (максимальной) цены контракта. Если при проведении аукционов начальная (максимальная) цена контракта не превышает 3 млн. рублей, то малое предприятие, как и все остальные участники такого аукциона, вносит в качестве обеспечения заявки 1% от этой цены.

Одной из важнейших преференций является то, что для госкомпаний и естественных монополий объем закупок у субъектов малого и среднего предпринимательства должен быть не менее 18% совокупного объема закупок, а государственные и муниципальные заказчики по правилам контрактной системы должны размещать не менее 15% от общего годового дохода среди субъектов малого предпринимательства. При этом верхний предел не установлен.

Помимо ряда преимуществ, представители малого бизнеса приобрели также и дополнительные обязанности. В частности, чтобы принять участие в конкурсе, аукционе и т.д., основное требование которого - обязательное участие субъектов малого бизнеса, организациям-участникам декларативно необходимо подтвердить статус малого предприятия. Законодательством установлено также принципиально новое требование, согласно которому субъект малого предпринимательства, получивший право на исполнение контракта, должен привлекать в качестве субподрядчиков также малые предприятия. Данное требование об обязательном привлечении субъектов малого предпринимательства в качестве субподрядчиков заказчик прописывает в извещении о закупке, а также в тексте контракта с поставщиком, подрядчиком, исполнителем. В свою очередь поставщик, подрядчик, исполнитель обязуется привлекать к исполнению контракта малые предприятия.

Следует отметить, что механизм реализации мер по стимулированию участия малого и среднего бизнеса в обеспечении нужд государственных компаний недостаточно эффективен, на практике работает плохо. Одна из основных проблем – это затрудненный доступ малого и среднего бизнеса к участию в конкурсе. В большинстве случаев конкурсные торги и аукционы уже на подготовительном этапе являются проблемой для субъектов малого и среднего предпринимательства, не имеющих больших денежных накоплений. Участие в тендере предполагает обязательное обеспечение заявки, причем, чем выше начальная максимальная цена, тем больше сумма обеспечения, а это говорит о том, что получить крупный заказ небольшой организации достаточно трудно. К тому же многие предприниматели вынуждены брать кредиты под высокие процентные ставки банков, что в условиях нестабильности экономики ведет к росту предпринимательского риска.

Много нареканий у предпринимателей к организации электронных торгов, к требованиям к поставщикам товаров и услуг, которые нередко ориентированы на конкретного участника, к результатам торгов, исход которых определяется не опытом и ресурсами потенциальных подрядчиков, а самым выгодным предложением цены.

В «Российской Бизнес - газете» №1022 (43) от 03.11.2015 года опубликована статья А. Петропольского, в которой приведены данные статистики общественных предпринимательских организаций «ОПОРЫ России», Федеральной антимонопольной службы, Минэкономразвития. По данным «ОПОРЫ России», в закупках государственных компаний сейчас участвуют примерно 24% представителей малого бизнеса, и только 30% из них считают, что аукционы проводятся честно. По данным Федеральной антимонопольной службы, около 90% закупок компаний с государственным участием приходится на единственных поставщиков. Минэкономразвития приводит более удручающие цифры: по данным ведомства, общий объем закупок у единственного поставщика по закону 223-ФЗ составляет примерно 48%, а объем закупок иными способами (фактически это замаскированные закупки у единственного поставщика) – 46%.

Таким образом, в России всего 6% государственных контрактов можно считать заключенными на справедливых, прозрачных условиях в результате честной конкуренции поставщиков, подрядчиков, исполнителей. Эти цифры свидетельствуют о необходимости реформировать, оптимизировать, приводить систему закупок к «рабочему» виду, и делать это нужно, не расширяя сферу ее функционирования, а наводя порядок в тех сегментах, где она уже работает» [5].

Законодатели обязали государственные компании закупать у представителей малого и среднего предпринимательства (МСП) 18% из всего количества приобретаемых товаров, услуг и работ. По данным сайта zakupki.gov.ru, более 77 тысяч организаций осуществляли закупки в соответствии с 223-ФЗ, которые в 2014 году приобрели товаров, работ и услуг на 17,8 трлн. рублей. Эти бюджеты фактически сконцентрированы в руках крупных компаний и не имеют отношения к малому и среднему бизнесу. Установленная квота 18% не соблюдается или соблюдается формально - в торгах участвуют специально созданные под аукционы юридические лица (фиктивные компании с номинальными учредителями), подпадающие под критерии малых и средних предприятий. Более того, не все закупки учитываются общем объеме закупок. При определении общего объема из него исключаются те подряды, которые по правилам государственных закупок размещаются в закрытом или неконкурентном режиме. Так, для государственных корпораций из объема закупок исключаются закупки для обеспечения обороны страны и безопасности государства; закупки в области использования атомной энергии и т.д. То есть на практике заказчик получает право фактически размещать у субъектов малого и среднего предпринимательства, меньшую долю от реального общего объема закупок, чем установленные квоты.

Важно сделать процедуру государственного заказа приемлемой как для государства, так и для предпринимателей. Это достаточно трудная задача, так как ограничения и требования, которые накладывает государство на участников, как правило, защищают интересы самого государства, но при этом невыгодны для малых предприятий, и, наоборот, предоставляя большие возможности участникам, вся процедура госзаказа порой становится неподлежащей контролю и подверженной возникновению злоупотреблений со стороны участников.

Как было отмечено выше, государством предложено немало решений вопроса участия субъектов малого и среднего предпринимательства в системе государственного заказа и на данном этапе контрактная система не нуждается в расширении сферы функционирования при организации закупок среди субъектов. Необходимо соблюдать требования законодательства о контрактной системе, а заказчикам и участникам - систематически повышать свой профессиональный уровень в системе организации государственных закупок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральный закон от 18 июля 2011 г. №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» // СПС КонсультантПлюс.

2 Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // СПС КонсультантПлюс.

3 Постановление Правительства РФ от 11 декабря 2014 г. №1352 «Об особенностях участия субъектов малого и среднего предпринимательства в закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» // СПС КонсультантПлюс.

4 Архипенко, К.Ю. Совершенствование системы государственной поддержки малого бизнеса России в контексте зарубежного опыта // Экономика, предпринимательство и право. -2013. -№3 (20). -С. 3-8.

5 Петропольский, А. «Первый вице-премьер российского правительства Игорь Шувалов выступил с инициативой» / А. Петропольский // Российская Бизнес-газета, №1022 (43) ноябрь 2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *малое и среднее предпринимательство, конкурсные торги, контрактная система, государственные закупки*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Путилова Наталья Николаевна, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
Сулдина Мария Григорьевна, канд. экон. наук, соискатель ФГАОУ ВО «НГУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630090, г.Новосибирск, ул.Пирогова, 2, ФГАОУ ВО «НГУ»*
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ГРУЗОВАЯ СТАНЦИЯ – ПУТЬ НЕОБЫЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Е.Д. Псеровская, И.Н. Кагадий

RESEARCH OF SYSTEM «CARGO STATION - A WAY OF UNCOMMON USE» WITH USE OF SIMULATION MODEL
Siberian state transport university
E.D. Pserovskaya, I.N. Kagadiy

In article the description of the basic principles of use of simulation modeling is provided in the organization of transportation process on railway transport. Functioning of object-oriented model of interaction of cargo station and a way of uncommon use is considered.

Keywords: simulation modeling, cargo station, way of uncommon use, system of mass service, local work, station of an adjunction, cargo point

Приведено описание основных принципов использования имитационного моделирования в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Рассмотрено функционирование объектно-ориентированной модели взаимодействия грузовой станции и пути необщего пользования.

Анализ функционирования грузовых железнодорожных станций и мест необщего пользования (МНОП) является необходимым элементом при составлении Единого технологического процесса работы станций примыкания и объектов промышленного транспорта. В условиях, связанных с изучением возможностей выполнения увеличенного объема грузовой работы и на этой основе показателей использования технических средств и подвижного состава, необходимо учитывать детерминированный характер местной работы и конструктивные параметры всей исследуемой системы перевозок. Другими словами, при изучении работы существующих станций и грузовых объектов необходимо на основе технической оснащенности предприятий железнодорожного транспорта определить значения базовых функциональных характеристик: время нахождения местных вагонов на станциях t_c , ч, и путях необщего пользования t_n , ч, необходимое M_H и достаточное M_0 количество погрузочно-выгрузочных механизмов, оптимальный объем грузовой работы R , ваг, Z количество поступающих заявок на обслуживание и т.д. Формализованное представление задаваемых характеристик может быть представлено

$$N_j = \{t_c, t_n, M_H, M_0, R, Z, \dots\}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где N – допустимое количество заявок на обслуживание грузовой станцией;

j – уровень обслуживания, характеризуемый базовыми функциональными характеристиками;

n – количество базовых функциональных характеристик.

Такие задачи являются удобными для аналитического моделирования, поскольку в связи с необходимостью повышения эксплуатационной надежности и устойчивости работы грузовых станций и мест необщего пользования, актуально определять допустимый уровень насыщения вагонного парка и количества обрабатываемых местных вагонов. Но пользуясь данными о технической оснащенности моделируемых объектов и характере поступления информации в каждую технологическую линию, составляющих, в общем и целом систему перевозок станции примыкания и пути необщего пользования, имитационное моделирование также позволяет получить практические рекомендации по оптимальному размеру грузовой работы для существующего технического оснащения.

Поскольку практически каждая грузовая станция работает с постоянно изменяющейся ситуацией по обеспечению максимального числа поданных и убранных вагонов к соответ-

вующему времени нитки графика сборного (передаточного) поезда, то представляется необходимым прогнозировать и моделировать возможные варианты обслуживания грузовых пунктов, удовлетворяющие требованию максимальной выгрузочной способности фронтов погрузки-выгрузки и увеличению перерабатывающей способности всей станции [2].

Систему перевозок в структуре деятельности грузовых станций функционально можно представить, как взаимодействие станции примыкания и пути необщего пользования. Описать работу предприятия в целом возможно наиболее полно только в случае, если известны зависимости, связывающие отдельные элементы системы с начальными условиями, параметрами и переменными. Но не всегда при этом с помощью аналитических формул можно определить параметры работы предприятия, поскольку многие из них заданы стохастически, то есть нелинейно и непрогнозируемо [3].

В работах [2, 3] рассматривается пример решения задач анализа с помощью имитационного моделирования функционирования грузовой станции и путей необщего пользования с различным объемом и характером работы. Соответствующая формальная модель представляет собой имитацию работы двух сегментов: станции примыкания и грузового пункта. Определение оптимальной степени загруженности исследуемых систем ведется с учетом неопределенностей, возникающих в связи со случайным характером поступления вагонов под грузовые операции, занятости локомотивов станции, путей и погрузочно-выгрузочных механизмов, а также колебаниями времени обслуживания на каждой технологической линии. В развернутой функциональной зависимости всех параметров транспортной системы грузовой станции при заданных базовых характеристиках (1) необходимо учесть влияние дополнительных характеристик, более детально формирующих математическую модель работы станции

$$f(N_j) = \sum T_j^{\text{баз}} t_j^{\text{факт}} + \sum T_j^{\text{доп}} t_j^{\text{факт}}, \quad (2)$$

где $T_j^{\text{баз, доп}}$ – вагонопоток, проходящий обслуживание на базовых и дополнительных j -ых уровнях соответственно;

$t_j^{\text{факт}}$ – время обслуживания вагонов;

$\sum T_j^{\text{баз}} t_j^{\text{факт}}$ – ваг.·ч занятия технологических линий при соответствующем влиянии базовых характеристик;

$\sum T_j^{\text{доп}} t_j^{\text{факт}}$ – ваг.·ч непроизводительного занятия технологических линий станции при соответствующем влиянии базовых характеристик.

Таким образом, целевая функция выражения (2), характеризующая по фактически обрабатываемому вагонопотоку с учетом планового $t_j^{\text{план}}$ и фактического $t_j^{\text{факт}}$ времени обслуживания на соответствующих j -ых уровнях количества заявок N , в целом определяется перерабатывающей способностью Π грузовой станции

$$\Pi = \frac{t_j^{\text{факт}}}{t_j^{\text{план}}} (\sum T_j^{\text{баз}} + \sum T_j^{\text{доп}}) \rightarrow \max, \text{ ваг./сут.} \quad (3)$$

Имитация позволит оценить реальные возможности станции по переработке поступающего объема грузового потока и определить от каких параметров транспортная система больше всего зависит.

Поскольку в организации местной работы учитывается огромное количество факторов, от которых зависит характер и степень загрузки таких элементов, как система формирования-расформирования, маневровые и технические средства, грузовые пункты и т.д., и за моделируемые сутки могут обслуживаться десятки клиентов, то в имитационной модели тогда должны быть учтены тысячи параметров. И каждый из них оказывает влияние на результат работы всей модели. Поэтому очень важно определить все существенные состояния элементов и их параметры.

Кроме этого важно понимать, что все состояния и значения параметров случайны, причем, как и при реальном функционировании описываемых систем, так и в модели. Время выполнения каждой операции задано по какому-либо закону распределения. В результате одна и та же операция может выполняться со значительным временным разбросом. Но реализуемый случайный характер взаимодействия элементов исследуемой системы, не бесспорно: должно быть так же случайно, как это происходит в реальной жизни.

При многократном прогоне модели необходимо правильно спланировать изменение исходных данных, чтобы получить весь спектр наиболее вероятных значений результатов. В

завершении произвести анализ работы модели и сделать удобные для применения выводы.

Основываясь на принципах имитационного моделирования и особенностях работы железнодорожных станций по обслуживанию клиентов промышленного транспорта, а также исходных данных [2] составлена первоочередная модель функционирования станции примыкания и пути необщего пользования. Программный дистрибутив – AnyLogic, а язык программирования - Java. Некоторые сегменты работы системы представлены на рисунке 1.

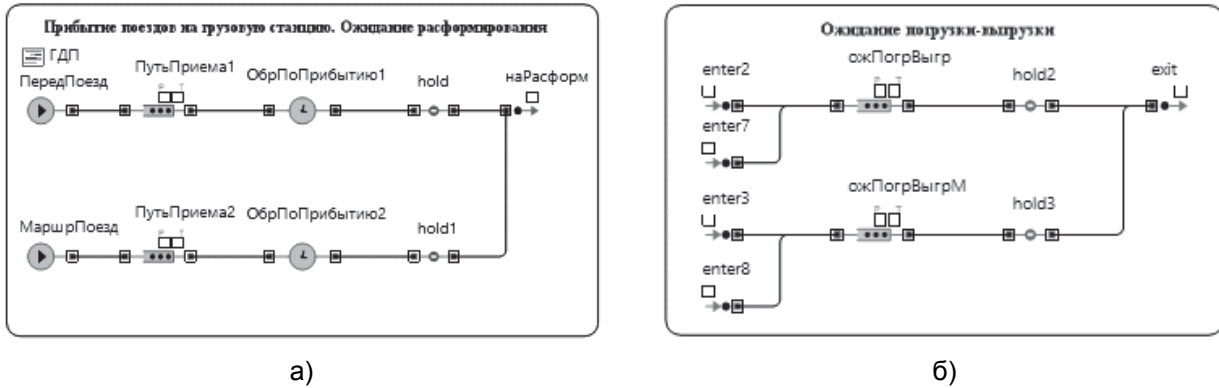


Рисунок 1 – Некоторые сегменты имитации функционирования: а)-грузовой станции; б)-грузового пункта

Разработанная в AnyLogic модель полностью отображается в Java код, и, будучи связанной с исполняющим модулем AnyLogic и опционально с Java оптимизатором, становится абсолютно независимым самостоятельным Java приложением. Это делает модель кросс-платформенной, то есть она может быть запущена в любой поддерживающей Java среде или даже в веббраузере [1].

Имитационная модель функционирования системы перевозок на примере грузовой станции И-В и ЗАО «Е» позволит определить вероятность своевременной доставки грузов вагонами и автомобилями, коэффициенты выполнения заявок на перевозку грузов и использования подвижного состава и средств погрузки-выгрузки. Пример статистических данных для анализа работы грузовой станции приведен на рисунке 2. Если средний размер очереди клиентов превышает выбранный предел в Z заявок, и система оказывается перегруженной, как в данном примере (каждая третья заявка (0,313) в течение моделируемого времени простаивает в ожидании обработки с занятием выставочных путей в среднем 0,137 ч), то необходимо учесть возможность изменения количества доступных объектов инфраструктуры (технической оснащенности) станции примыкания и пункта погрузки-выгрузки, либо технологического процесса работы грузовой станции, либо пути необщего пользования, и выполнить новый эксперимент.

Функционирование системы перевозок по построенной модели поможет выявить существенные затруднения в эксплуатационной деятельности грузовой станции и примыкающих к ней путей необщего пользования и составит оптимизационные эксперименты для исключения обнаруженных лимитирующих элементов.



Рисунок 2 – Столбиковые диаграммы модели

Эффективное моделирование работы предприятия в направлении совершенствования технологии обслуживания клиентов позволит реализовывать большие объемы грузовой работы, что благоприятно скажется на развитии предприятий железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Боев, В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: монография / В.Д. Боев. -СПб.: ВАС, 2011. -404 с.
 2 Кагадий, И.Н. Использование метода имитационного моделирования в местной работе железнодорожных станций / И.Н. Кагадий // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: мат-лы Шестой межд. научн.-практ. конф., посвященной 40-

летию со дня образования Иркутского гос. ун-та путей сообщ., -Иркутск: ИрГУПС, 2015. -С. 96.

3 Кагадий, И.Н. Системная динамика функционирования грузовой станции / И.Н. Кагадий // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Мат-лы межд. научн.-практ. конф. -2015. -№1. -С. 226.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имитационное моделирование, грузовая станция, путь необщего пользования, система массового обслуживания, местная работа, станция примыкания, грузовой пункт

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Псеровская Елена Дмитриевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Кагадий Игорь Николаевич, аспирант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Ю.А. Танайно

STUDYING THE PARAMETERS OF TRAIN OPERATIONS FOR HEAVY FREIGHT AND COUPLED TRAINS AT THE WEST SIBERIAN RAILWAY

Siberian state transport university

Yu.A. Tanayno

The article describes the analytical results of the train sheet for heavy freight or coupled trains at the Inskaya - Moskovka yard West Siberian railway.

Keywords: coupled trains, heavy freight trains, train schedule

Приведены результаты анализа графика исполненного движения полигона Инская-Московка Западно-Сибирской железной дороги при обращении поездов повышенного веса или длины.

Организация обращения поездов повышенной массы и длины направлена на повышение пропускной и провозной способности участков и направлений, сокращения задержек поездов при предоставлении «окон» для ремонтно-путевых и строительных работ, а также работ по модернизации контактной сети, ликвидации последствий стихийных бедствий, транспортных происшествий и других чрезвычайных ситуаций.

Формирование тяжеловесных и соединенных поездов способствует сокращению числа пропускаемых поездов при установленных размерах вагонопотока, а также позволяет повысить пропускную и провозную способность отдельных направлений. Такой принцип работы повышает производительность локомотивов, но увеличивает затраты времени на станциях на работу с такими поездами [1].

В качестве исследуемых полигонов обращения соединенных и тяжеловесных поездов были выбраны 2 участка: Инская-Барабинск и Барабинск-Московка Западно-Сибирской железной дороги. На данном направлении обращаются в большей степени нечетные поезда данных категорий – так, в среднем за сутки на данных участках следует 1 соединенный поезд и 8 тяжеловесных.

Следует обратить внимание, что для исследования максимального объема работы с соединенными и тяжеловесными поездами был выбран летний период времени (1 июля – 10 июля) с ежедневными «окнами» по плановому ремонту железнодорожных путей, устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и связи, в том числе с закрытием путей перегонов и станций.

Проведен анализ графиков исполненного движения (ГИД) вышеперечисленных полигонов и детальная выборка соединенных и тяжеловесных поездов. При проведении анализа отмечались времена отправления поездов со станций соединения или формирования, прибытия на граничную станцию исследуемого участка, кроме этого, выявлялись продолжительности, причины и последствия каждой задержки поезда с учетом ее влияния на следующие грузовые и пассажирские поезда.

За исследуемый период времени (10 дней) проведен анализ 85 тяжеловесных поездов, следующий по участкам Инская (Обь)-Барабинск, Барабинск-Московка. Средний вес таких поездов составил 11934/8873 т (брутто/нетто). Среднее время хода по участкам 6 ч 48 мин и 5 ч 14 мин соответственно. В таблице 1 приведены основные характеристики следования тяжеловесных поездов с указанием причин и времени их задержек на исследуемом железнодорожном полигоне.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица 1 – Анализ пропуска тяжеловесных поездов на участках Обь-Барабинск, Барабинск-Московка

Показатель	Численное значение
Количество тяжеловесных поездов	85
Средняя масса (брутто/нетто)	11934/8873
Среднее время следования по участку Обь-Барабинск, ч:мин	6:48
Среднее время след-я по участку Барабинск-Московка, ч:мин	5:14
Общее время задержек, мин	2660
Продолжительность задержки, мин / доля задержки от общего времени задержек, %:	
– по вине локомотивной бригады	1032/39
– пропуск пассажирских поездов	981/37
– окно	503/19
– прочее	104/4
– регулировка диспетчером	40/2

Как видно из таблицы 1, общее время задержек хода тяжеловесных поездов составило 2660 мин, в среднем сутки – 266 мин (4,4 ч), 31,2 мин на один поезд.

Наибольшее время – 1032 мин (39%) – приходится на вину локомотивной бригады. Самой частой причиной, как следует из отметок на графике исполненного движения, является невыдержка времени хода грузового поезда (или остановка поезда на перегоне). Второй по величине показателя является причина пропуска пассажирских поездов – 981 мин (37%). Хотя за исследуемый период времени работники различных служб старались проводить «окна» за короткие промежутки времени, тем не менее, задержек поездов по причине проведения различных ремонтных и профилактических работ избежать не удалось – их процентная величина 19% (503 мин). К прочим причинам при проведении анализа отнесены такие, как: пропуск «сбойного» в графике грузового поезда, неявка локомотивной бригады, остановка поезда по показаниям ДИСК, КТСМ и др.

Хочется отметить, что задержка других грузовых и пассажирских поездов по причине пропуска тяжеловесных составляет незначительную величину – 305 мин (в среднем 31 мин в сутки, 4 мин на один тяжеловесный поезд), так как диспетчерский аппарат пропускал такие поезда по ниткам между другими грузовыми, а не пассажирскими поездами, при небольших задержках поезда часто «нагонялись», что мало сказывалось на следующих в этом же «пакете» грузовых поездах.

Анализ пропуска соединенных поездов проводился аналогично анализу пропуска тяжеловесных поездов. Всего за 10 суток было зафиксировано 7 соединенных поездов. Их средняя масса составила 2915 (1493) т (брутто/нетто).

В таблице 2 приведены основные характеристика следования соединенных поездов с указанием причин и времени их задержек на исследуемом железнодорожном полигоне.

Таблица 2 – Анализ пропуска соединенных поездов на участках Инская-Барабинск, Барабинск-Московка

Показатель	Численное значение
Количество соединенных поездов	7
Средняя масса (брутто/нетто)	2915/1493
Среднее время следования по участку Обь-Барабинск, ч:мин	7:12
Среднее время след-я по участку Барабинск-Московка, ч:мин	5:06
Общее время задержек, мин	732
Продолжительность задержки, мин / доля задержки от общего времени задержек, %:	
– по вине локомотивной бригады	114/16
– пропуск пассажирских поездов	346/47
– окно	135/18
– прочее	73/10
– регулировка диспетчером	64/9

Как видно из таблицы 2, общее время задержек хода тяжеловесных поездов составило 732 мин, в среднем сутки – 73,2 мин (1,2 ч), 104,6 мин на один поезд.

Наибольшее время простоя соединенных поездов на станциях и перегонах – 346 мин (47%) – происходит из-за пропуска более приоритетных поездов (скорых пассажирских, пас-

сажирских, электропоездов). Второй по величине причиной является ограничения в движении по причине проведения ремонтных работ 135 мин (18%). Практически такое же значение задержек поездов определяется по вине локомотивной бригады 114 мин (16%). На последних местах причины: регулировка поездов диспетчером 64 мин и прочее 73 мин.

Задержка других грузовых и пассажирских поездов по причине пропуска соединенных составляет 19 мин. Такое малое значения объясняется пропуском соединённых поездов в периоды наименее сгущенного суточного потока, а также максимально возможными периодами графика движения поездов.

При формировании тяжеловесных и соединенных поездов для обеспечения безопасности движения порожние, а в некоторых случаях и легковесные вагоны, должны находиться в последней трети состава поездов, для станций формирования устанавливается соответствующий план формирования грузовых поездов. Формирование тяжеловесных поездов и составов для соединенных производится путем пополнения отправительского маршрута с Кузбасского направления готовой группой или составом вагонов соответствующего назначения.

Полигон для пропуска таких поездов обусловлен использованием локомотивного парка с определенными техническими характеристиками. В настоящее время рассматривается пропуск таких поездов на направлении Инская, Алтайская-Северо-Запад (ст. Лужская), так как по маршруту следования для этого вагонопотока имеются участки с ограничением пропускной способности, а парк локомотивов достаточно обновлен.

Нечетное направление на этом маршруте следования является груженым, поэтому ограничениями будут весовые нормы для используемых локомотивов.

Вагонопоток на Северо-Запад складывается из погруженных вагонов на станциях Кузбасса, следующих на сортировочные станции Инская или Алтайская. Длина путей общего и необщего пользования на станциях Кузбасса не позволяют формировать поезда длиной более 71 условного вагона, поэтому полигоном работы для тяжеловесных и соединенных поездов в нечетном направлении можно рассматривать вышеуказанный Инская или Алтайская-Северо-Запад (ст. Лужская) через Называевскую-Екатеринбург или Исилькуль-Колчедан-Екатеринбург.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Чечулина, Ю.А. Работа сортировочной станции в условиях перехода к организации движения грузовых поездов по твердому графику / Ю.А. Чечулина, О.П. Юрина // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№1. -С. 85-87.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: соединенные поезда, тяжеловесные поезда, график движения поездов
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Танаёно Юлия Андреевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

М.А. Зачешигрива

ANALYSIS OF THE COST OF TRANSPORTATION OF OVERSIZED HEAVY CARGOES ON A RAILWAY TRANSPORTATION
Siberian state transport university
M.A. Zacheshigriva

To analyze the degree of influence of various factors on the cost of transportation oversized heavy cargo.

Keywords: transporter, area and degree of oversize, transportation costs, tariff, additional fees

Проанализирована степень влияния разных факторов на стоимость перевозки крупногабаритного тяжеловесного груза.

К категории крупногабаритные тяжеловесные грузы (КТГ) относятся грузы, если их габаритные и массовые характеристики превышают величины, установленные в нормативных документах, действующих на соответствующих видах транспорта [1]. Данная особенность требует соблюдения определенных процедур на этапе планирования и выполнения такой перевозки, что приводит к значительным затратам.

Затраты на перевозку КТГ на транспорте условно можно разделить на следующие груп-

пы:

- проектирование транспортно-логистической схемы перевозки, включая разработку и согласование технической документации, получение разрешения на перевозку;
- подготовка объектов инфраструктуры, груза и подвижного состава к перевозке;
- провозные платежи и дополнительные сборы.

Первая и вторая группа затрат на прямую зависит от весогабаритных характеристик груза и сложности транспортно-логистической схемы перевозки. При этом сократить или изменить их можно только за счет правильного принятия решения: «Кто будет выполнять данные процедуры?». Выполненный анализ показал, что эти затраты значительно возрастают при использовании для перевозки КТГ сухопутных видов транспорта [2].

В третью группу затрат в зависимости от вида транспорта входят:

- транспортный тариф за перевозку груза, который устанавливается перевозчиком, в том числе за экспедирование, страхование, охрану;
- плата за сопровождение автомобилем прикрытия, патрульным автомобилем ДПС, бригадой обслуживания сочлененных транспортеров грузоподъемностью 240–500 т;
- порожний пробег транспортного средства,
- и другие платежи.

Практически на всех видах транспорта (за исключением железнодорожного) уровень тарифа на перевозку КТГ устанавливается по договоренности сторон с учетом весогабаритных характеристик груза, подвижного состава, выполняемых технологических операция и др.

На железнодорожном транспорте предусмотрен единый порядок расчета тарифа за перевозку грузов [3]. Для оценки степени влияния на стоимость перевозки КТГ различных параметров рассмотрим подробнее данную методику расчета.

Плата за перевозку КТГ на транспортерах и негабаритных грузов на платформах и в полувагонах общего парка определяется независимо от массы груза за каждый транспортер или вагон по тарифным схемам с учетом тарифного класса груза и применением других коэффициентов, предусмотренных правилами. Расчетная формула имеет следующий вид

$$T = \Pi k_1 k_2 k_3 k_{допi} k_{индекс} k_{ндс}, \quad (1)$$

где Π – базовая ставка платы за использование инфраструктуры и локомотива РЖД;

k_1 – коэффициент, учитывающий класс груза;

k_2 – коэффициент, учитывающий участие в перевозке Калининградской железной дороги;

k_3 – дополнительные поправочные коэффициенты, учитывающие род груза;

$k_{допi}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие технологические особенности перевозки (применение собственного подвижного состава, использование вагонов (кроме транспортеров) с длиной по осям автосцепок 19,6 м и более и др.);

$k_{индекс}$ – коэффициент индексации тарифов;

$k_{ндс}$ – коэффициент, учитывающий налог на добавленную стоимость.

Размер провозной платы определенный по данной формуле в зависимости от расстояния перевозки и номера схемы изменятся в очень широких пределах. Так при перевозке на 1000 км на транспортерах общего парка тариф увеличивается со 190 до 22670 тыс. рублей. На выбор схемы для определения базовой ставки Π влияют следующие параметры:

- типа транспортера и его осности;
- зоны и степени негабаритности;
- технологии перевозки (в составе поезда или с отдельным локомотивом РЖД).

Каждый из этих факторов по разному влияет на окончательный размер провозной платы. При этом базовая ставка рассчитывается по формуле

$$T = A + BL, \text{ руб./вагон}, \quad (2)$$

где A – ставка за начально-конечные операции, руб./ваг.;

B – ставка за движущие операции, руб./(ваг.·км);

L – расстояние перевозки, км.

Анализ размеров ставок показывает:

- ставка за начально-конечные операции зависит от типа вагона и технологии перевозки. С увеличением дальности перевозки ее доля в общей стоимости перевозки снижается с 65 до 5%;
- ставка за движущие операции, как правило, составляет основную часть тарифной

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

ставки. При этом именно эта составляющая приводит к такому большому увеличению тарифа. Величина движенческой ставки в расчете 1 ваг.·км при перевозке на расстояние от 160 до 3000 км приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Ставка за движенческие операции при перевозке КТГ на расстояние перевозки от 160 до 3000 км, руб./ (ваг.·км)

Степень негабаритности	Платформы, полувагоны	Транспортеры				
		4 и 6-осные	8-осные	12-осные	16-осные, в составе поезда	16-осные, с отдельным локомотивом РЖД
1-2 нижняя 1-3 боковая 1-2 верхняя	12,37	19,43	31,13	40,50	55,23	354,59
3-4 нижняя 4 боковая 3 верхняя	52,81	76,49	87,42	97,13	111,70	753,70
5 нижняя 5 боковая	93,80	125,47	135,74	144,29	158,70	1053,66
6 нижняя 6 боковая	131,61	173,14	182,83	192,24	204,33	1428,99
сверхнегабаритный	284,19	364,54	378,6	387,49	405,49	2767,52

Такой рост движенческой ставки обусловлен необходимостью соблюдения при перевозке технологических ограничений: скоростного режима; пропуска и стоянки поездов по специально выделенным путям станции; необходимостью дополнительного контроля за размещением и креплением в пути следования; особого порядка расформирования и формирования составов и др.

Как видно из таблицы 1 каждый из выше названных факторов по-разному влияет на размер ставки за движенческие операции:

- при увеличении степени негабаритности ставка возрастает от 4 до 18 раз при использовании одного и того же типа подвижного состава;
- увеличение осности транспортера увеличивает ставку от 10 до 20 руб. на 1 ваг.·км;
- смена типа подвижного состава (таблица 2).

Таблица 2 – Провозная плата за перевозку КТГ в зависимости от типа подвижного состава, зоны и степени негабаритности, руб./вагон

Тип подвижного состава	Расстояние до выступающей точки груза, мм		Зона и степень негабаритности [4]	Плата за перевозку груза, руб.
	от уровня головки рельса	от оси пути		
1 вариант – с изменением зоны и степени негабаритности				
Платформа	1310	1750	2 нижняя	475655,5
	4200	1750	3 верхняя	
4-осный платформенный транспортер, усл. мод. 14-Т302	1250	1750	2 нижняя	190566,5
	4140	1750	2 верхняя	
4-осный площадочный транспортер, усл. мод. 14-Т115	570	1750	2 нижняя	190566,5
	3460	1750	2 боковая	
2 вариант – без изменения зоны и степени негабаритности				
Платформа	1310	1740	2 нижняя	133142,0
	4200	1740	2 верхняя	
4-осный платформенный транспортер, усл. мод. 14-Т302	1250	1740	2 нижняя	190566,5
	4140	1740	2 верхняя	
4-осный площадочный транспортер, усл. мод. 14-Т115	570	1740	2 нижняя	190566,5
	3460	1740	2 боковая	

При использовании четырехосного транспортера вместо платформы провозная плата увеличивается на 40%, но если при такой замене уменьшается степень негабаритности, на-

блюдается обратная тенденция – плата уменьшится до 2,5 раз;

– погрузка груза с допусаемым смещением центра массы груза относительно продольной и поперечной оси вагона [5];

– перевозка с одиночным локомотивом может увеличить ставку до 6,5 раз (16-осный транспортер в составе грузового поезда и с отдельным локомотивом).

Соответственно знание принципа формирования железнодорожного тарифа позволяет снижать стоимость перевозки за счет правильного подбора подвижного состава и его принадлежности, выбора способа перевозки, и изменения степени и зоны негабаритности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зачешигрива, М.А. Инфраструктурные ограничения в организации транспортно-логистических схем перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов / М.А. Зачешигрива // Политранспортные системы: мат-лы VIII межд. науч.-техн. конф. в рамках года науки Россия - ЕС. –Новосибирск: СГУПС, 2015. –С. 371-375.

2 Зачешигрива, М.А. Влияние условий перевозок на продолжительность операций по организации и доставке крупногабаритных и тяжеловесных грузов / М.А. Зачешигрива // Совершенствование технологии перевозочного процесса: мат-лы межд. науч.-техн. конф. посвященной 80-летию фак-та УПП. –Новосибирск: СГУПС, 2015.

3 Прейскурант №10-01. Тарифы на перевозку грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые Российскими железными дорогами. Тарифное руководство №1. Часть I. Утверждено Постановление ФЭК РФ от 17.06.2003 №47-т/5 в редакции Приказа ФСТ РФ от 12.03.2014 №52-т/1.

4 Инструкция совета по железнодорожному транспорту государств-участников СНГ №ДЧ1835 от 19.10.2001 г. по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств-участников СНГ, Латвийской, Литовской, Эстонской республики (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» №2365 от 01.12.2006 г.).

5 Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) «Технические условия размещения и крепления грузов». Приложение 3. (по состоянию на 01.07.2015 г.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *транспортер, зона и степень негабаритности, затраты на перевозку, тариф, дополнительные сборы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Зачешигрива Марина Александровна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

О.П. Югина

THE PRINCIPLES OF MANAGING CARRIAGE ROLLING STOCK IN MODERN CONDITIONS

Siberian state transport university

O.P. Yugrina

Changes of carriages delivery technology depending on the type and category of their owner were revealed when using the private carriage rolling stock. These changes define the empty run ratio of the carriage operation. The article proposes to use the elements of technical routing for transport operations with regulating principles of train operations.

Keywords: rolling stock operator, carriage rolling stock management, empty carriage, routing

При использовании приватного вагонного парка выявлены изменения в технологии доставки вагонов в зависимости от принадлежности и категории собственников, определяющие долю порожнего пробега в обороте вагона. Предложено использовать элементы технической маршрутизации перевозок с регулировочными принципами эксплуатационной работы.

Согласно действующему Уставу железнодорожного транспорта и сложившейся за последние годы практики перевозки грузов имеется возможность осуществления транспортировки в вагонах различной принадлежности. Вследствие этого, в последние годы на транспортном рынке Российской Федерации появилось более 700 компаний занимающихся предоставлением вагонов для перевозки. Но определение оператора подвижного состава долгое время не было закреплено на законодательном уровне, и только в 2015 г. в основном законе для железнодорожного транспорта – «Устава железнодорожного транспорта Российской Федерации» появился термин «оператор железнодорожного подвижного состава, контейнеров», хотя ранее данное выражение упоминалось не только в учебной литературе, но и в нормативно-правовых актах.

В последней редакции Устава перевозчик получил право взимать плату за простой вагонов, не задействованных в перевозочном процессе, и самостоятельно принимать решение по дислокации порожних вагонов на специально выделенные станции, данное перемещение происходит за счет владельца подвижного состава. Так же в марте 2015 г. опубликован проект «Правила перемещения порожних вагонов на железнодорожном транспорте», согласно

которому порожние грузовые вагоны, находящиеся на путях припортовых станций без оформленных перевозочных документов, могут быть перемещены владельцем инфраструктуры или перевозчиком на другую станцию в пределах 500 км.

Все внесенные изменения в законодательные документы могут положить основу для внедрения новых принципов управления порожними вагонами, как частного, так и инвентарного парка, которые обращаются вместе на инфраструктуре общего пользования.

Управление порожним подвижным составом различной принадлежности имеет свои особенности: порожние вагоны инвентарного и арендованного у владельцев парка перемещаются по принципу управления массовыми вагонопотоками, а частный парк, в настоящее время, – управлением каждого конкретного вагона. Для направления такого вагона на станцию погрузки оператор представляет заявку перевозчику и оформляет комплект перевозочных документов на перевозку порожних вагонов, как на груз «на своих осях». Из-за этого, в последнее время, возникает дополнительный порожний пробег.

По результатам исследования Института Проблемных Естественных Монополий дополнительный порожний пробег составил 640 млн. ваг.·км (2012 г.). Вследствие чего, на инфраструктуру действуют дополнительные нагрузки, это особенно заключается в увеличении размеров переработки вагонов на сортировочных станциях в период порожнего рейса, а также затраты времени и занятость инфраструктуры железнодорожного транспорта на доставку подвижного состава до районов погрузки, то есть до грузоотправителя.

В современных условиях, для снижения затрат, как для перевозчика, так и для оператора, а также для исключения рисков для отправителя по неподаче вагонов из-за их отсутствия, необходим переход к управлению частным парком по принципу обобщенности подвижного состава. Данный принцип заключается в передаче операторами и собственниками своих порожних вагонов перевозчику. Перевозчик берет на себя обязанности подать переданные ему вагоны клиентам (грузоотправителям), нуждающимся в данном роде подвижного состава. При этом у операторов и собственников подвижного состава остаются обязанности по планированию тарифной составляющей порожнего рейса, без учета кружностей, то есть оператору необходимо определять станции отправления и назначения вагонов. Также на них возлагается ответственность за затраты времени по простым вагонам на путях общего пользования или в отстое по договорам на путях общего пользования, при этом оплачивать все затраты, связанные с простоями на инфраструктуре, не принадлежащей операторам и собственникам подвижного состава.

Для этого перевозчику необходимо выделить на полигоне сети опорные станции с достаточным путевым развитием, расположенные в местах массового погашения груженых вагонопотоков. На этих станциях будут формироваться технические маршруты из порожних вагонов в расформирование на сортировочные станции, приближенные к районам погрузки. При этом концентрация определенного рода подвижного состава позволит формировать маршруты из порожних вагонов одного оператора с последующим направлением отдельным составом на станции запланированной погрузки.

Для дальнейшей проработки данного принципа управления порожним подвижным составом необходимо детально проработать технологии взаимодействия перевозчика и конкретных операторов, а также определить: маршруты курсирования маршрутных поездов и станции приписки вагонов; технологию следования порожнего вагонопотока. Помимо того, необходимо разработать перечень опорных станций для дислокации незадействованного подвижного состава в перевозочном процессе, и определить для них достаточность путевого развития и технических возможностей для данного вагонопотока.

Исходя из вышесказанного, можно отметить, что при переходе инвентарного парка грузовых вагонов во временно частный парк, основная часть технологических элементов управления парком, связанных с его перемещением по сети железных дорог, будет находиться в ведении перевозчика. Но вместе с этим, на операторов переносится обязанность по планированию порожних вагонопотоков, сокращение порожнего рейса и эффективное использование погрузочных ресурсов.

При этом, со стороны технологии перевозочного процесса, данное распределение ролей в управлении порожними вагонопотоками не всегда будет эффективным для РЖД, по причине несогласованности с операторами. Это может отразиться возникновением встречных пробогов порожних вагонов, а также скоплением порожних вагонов на отдельных станциях, вследствие этого возникновение излишней занятости инфраструктуры и создание узких мест на станциях и участках из-за невозможности пропуска составов.

Данное противостояние перевозчика и оператора заключается в различиях целей регулирования вагонным парком. Они не совпадают из-за того, что перевозчик минимизирует расходы на организацию и продвижение вагонов, на содержание привлеченных вагонов в рабочем парке и резерве, на подготовку вагонов к перевозке, по обеспечению нормативных сроков доставки груженых и порожних вагонов и удовлетворению заявок грузоотправителей на перевозки грузов в вагонах привлеченного парка. А в то же время оператор подвижного состава минимизирует расходы по оплате за порожний пробег, оплате отстоя порожних частных вагонов на инфраструктуре, по содержанию оперируемых вагонов, по оплате за подготовку порожних вагонов к перевозке.

Для операторов основных родов подвижного состава с незначительным количеством вагонов затруднительно сокращение порожнего пробега вагонов и числа переработок в пути следования, а адресная привязка вагонопотоков в этом случае приводит к 50% порожнему пробегу данных вагонов [1].

Крупным операторским компаниям необходимо приблизиться к существовавшим ранее регулировочным принципам работы с порожним подвижным составом через систему опорных станций и станциям распыления. Работа с использованием регулировочного принципа позволяет значительно сократить порожний пробег, исключив встречный, и минимизировать количество переработок в пути следования на порожнем рейсе путем формирования технических маршрутов из однородного подвижного состава принадлежности одному оператору.

Характерным примером организации работы по такому принципу является станция Входная Западно-Сибирской железной дороги. На станции концентрируется порожний поток полувагонов, прибывающих из западной части Российской Федерации, поступает в переработку, где после обработки и накопления подбирается по принадлежности и далее направляется к районам зарождения груженых вагонопотоков - углепогрузочным станциям Кузбасса, в основном на юг Кемеровской области. Подборка порожних вагонов отдельными составами по принадлежности позволяет высвободить от сортировочной работы станции Кузбасса, в том числе освободить от излишней загрузки грузовые станции, обеспечив возможность беспрепятственного пропуска на пути необщего пользования. Все риски по организации работы с порожними вагонами несет сам оператор подвижного состава.

Таким образом, рассматриваются два основных варианта схемы продвижения порожних вагонопотоков. Первый вариант применим для вагонов, используемых ОАО «РЖД» на правах собственности и аренды. По второму варианту, пригодному для использования крупной операторской компанией, со станций выгрузки вагоны следуют на станции накопления, где формируются технические маршруты с последующей заадресовкой для станций погрузки. В том и другом случае минимизируется переработка порожнего вагонопотока на технических станциях в пути следования, но по-разному распределяется ответственность с последующими расходами за возникающие риски по работе с порожними вагонами.

Для организации работы с крупными операторами целесообразно использовать два варианта:

- вагоны после выгрузки, предназначенные для погрузки на одной станции, формируются в отправительский маршрут и дальше начинают движение по полигону без переработок на технических станциях как кольцевой маршрут. В этом случае сокращается время доставки, но возможно увеличение порожнего пробега до 50%.

- порожние вагоны после выгрузки направляются на станцию накопления, которая утверждается ОАО «РЖД». Концентрация определенного рода подвижного состава на сортировочной станции позволит формировать маршруты из порожних вагонов одного оператора с последующим направлением отдельным составом на станцию запланированной погрузки. Это будет способствовать уменьшению объема их переработки на станциях сети, прогнозированию прибытия порожних вагонов на станции погрузки и повышению ритмичности и надежности обеспечения подвижным составом грузоотправителей.

Для рационального использования технических возможностей станций сети [2] необходимо обеспечить управляемость частным парком вагонов в современных рыночных условиях учитывать следующие технологические принципы:

- крупные операторы должны иметь возможность приблизиться к регулировочным принципам, через систему опорных станций и станций распыления;

- для операторов и собственников, не имеющих достаточного парка для организации стабильного вагонопотока, целесообразна передача функций управления порожними вагонами перевозчику;

– узкоспециализированным операторам, разместившим парк на постоянных направлениях и под определённые грузы, целесообразно работать на конкретных полигонах курсирования своего подвижного состава по принципу кольцевых технологических маршрутов.

Таким образом, в результате этих мероприятий: ускорится оборот вагона за счет исключения дополнительных простоев под накоплением; уменьшится объем их переработки вследствие организации маршрутов со станции выгрузки и до станции распыления; повысится ритмичность и надежность обеспечения подвижным составом грузоотправителей; появится возможность прогнозирования подхода порожних вагонов к местам погрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на ж/дорогах ОАО «РЖД». -М: ОАО «РЖД», 2007. -528 с.
- 2 Юрина, О.П. Техническое нормирование эксплуатационной работы в современных условиях / О.П. Юрина // Железнодорожный транспорт. -№10. -2010. -С. 25-30.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оператор подвижного состава, управление вагонным парком, порожние вагоны, маршрутизация

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Юрина Ольга Павловна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

ВЫБОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАДАЧ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

И.С. Дерябина, А.В. Зачёсов

CHOICE OF METHODS OPERATIONAL TASKS
Siberian state university of water transport
I.S. Deryabina, A.V. Zachyosov

The basic methods for solving operational management of fleet operations on the basis of the accepted classification of these tasks.

Keywords: tasks, methods of solution

Изложены основные методы решения задач оперативного управления работой флота на основе принятой классификации этих задач.

Выбор методов решения оперативных задач по работе флота определяется содержанием этих задач. Задачи предполагается классифицировать по следующим основным признакам:

- по направлению деятельности судоходной компании (задачи планирования, контроля, учета и анализа);
- по степени сложности по подготовке и решению (сложные, менее сложные и относительно простые);
- по времени, отведенному для подготовки и решения.

В соответствии с классификацией задач по первому признаку, с позиции возможных методов их решения, эти задачи условно можно разделить на две группы – задачи плановые и задачи учета, контроля и анализа. При этом приоритет следует отдать первой группе, основанный на результатах решения задач второй группы за предыдущий, по времени, период работы.

Действующая в отрасли система непрерывного планирования транспортного процесса предусматривает взаимную связь и иерархическую зависимость между перспективными, текущими и оперативными планами.

Оперативное планирование работы флота осуществляется в три этапа.

Первый уровень планирования включает разработку месячного плана работы флота. На этом этапе разрабатывается технический план работы флота, в котором определяется обеспечение флотом, утвержденного плана перевозок и качественные показатели его использования.

Технический план является промежуточным между навигационным и оперативным планами. Он корректирует навигационный план в соответствие с фактически складывающейся ситуацией на момент планирования. Скорректированный навигационный план составляет основу для разработки оперативных планов в реальном масштабе времени.

В настоящее время по целому ряду субъективных причин этот план рассчитывается в

одном варианте и не всегда отвечает современным задачам повышения эффективности использования флота, без учета от складывающейся фактической корреспонденции грузов и провозной способности флота.

На втором уровне планирования разрабатывается декадный план, который предусматривает решение задач по обеспечению флотом пунктов погрузки, выполнению плана перевозок в целом за месяц.

В составе декадного плана разрабатывается план подачи судов под погрузку и план отправления грузов по утвержденным в судоходной компании формам.

В основу декадного плана принимаются задания месячного плана, заявки грузоотправителей, нормы технического плана, прогнозы по разгрузке флота в портах. Качество декадных планов зависит от ряда факторов. Изменения условий, которые учитываются при разработке декадного плана, вызывают большие осложнения при его реализации. Поэтому, декадному планированию следует придавать непрерывный характер с определенной цикличностью (например, одни, трое или пятеро суток), что позволит учитывать постоянно меняющуюся ситуацию в транспортном процессе, улучшить использование транспортного флота и перегрузочных средств.

Третий уровень оперативного планирования предполагает разработку суточных планов, которые базируются на достоверности и полноте оперативной информации, с помощью которой в короткий срок можно принять оперативное управляющее решение.

В условиях перехода хозяйственного комплекса страны на экономические формы управления, возрастает актуальность оперативного планирования, поскольку утрачивается доминирующая роль линейной формы организации движения флота, нет жесткой корреспонденции грузовых потоков на навигацию, квартал, месяц. Большинство грузопотоков в этой ситуации в судоходной компании оказываются оперативными. Кроме этого, оперативные планы должны обеспечивать основную цель деятельности судоходной компании в соответствии в ее уставом – получение прибыли в текущий момент времени.

В сложившейся ситуации, когда в эксплуатационной работе появляются рыночные параметры, старые подходы к планированию утрачивают свое значение, изменились способы и методы планирования, а также цели и критерии выработки и принятия управленческих решений, в том числе и в оперативной обстановке [1].

К задачам первой группы относятся планы работы флота в начальный и конечный периоды навигации, выбор пунктов назначения для порожних и груженых судов в составе декадных и суточных планов, комплексное обслуживание флота в части установления числа обслуживаемых устройств.

В составе второй группы рассматриваются задачи оперативного учета и анализа использования флота, а также оперативного контроля дислокации флота.

По первому признаку классификации оперативных задач все плановые задачи оперативного управления являются многовариантными. Находить оптимальные решения в таких задачах, как показывает опыт, целесообразнее с использованием математических методов оптимального планирования и управления, а также персональных компьютеров. Основу этих методов составляют методы математического программирования (линейного, параметрического, стохастического, динамического программирования, теории игр, теории вероятности, методы сетевого планирования и управления и т.п.). При решении любой задачи могут использоваться как точные, так и приближенные методы [3]. Точные – имеют сложные алгоритмы, требуют значительного количества времени или наличия стандартных компьютерных программ и в оперативных условиях применяются редко [2].

При выборе методов решения оперативных задач необходимо учитывать степень сложности их решения и времени, отведенного для их решения (признаки классификации этих задач 2 и 3). Например, степень сложности задач технического плана и времени, отведенного для их постановки и решения значительно выше, чем задачи декадного планирования, а декадного плана – выше плана суточного.

Приближенные методы решения одноименных задач, как показывает опыт проведения расчетов, занимают несравненно меньше времени для получения результата, который отличается от решения точными методами на 5-6%, что считается вполне допустимым в практических условиях. При этом, из множества приближенных методов, решение исследователь выбирает самостоятельно, поскольку результаты решения, как показывают исследования, серьезно не различаются [4].

Для решения части задач декадного плана, где приближенные методы оптимизации не

приемлемы, рекомендуется использовать человеко-машинное моделирование на базе эвристических методов.

Что касается методов решения оперативных задач учета, контроля и анализа работы флота авторами, рекомендуется использовать основные принципы маркетинга, менеджмента и информационных технологий с использованием технических средств, позволяющих перейти на автоматизированные расчеты и мониторинг элементов транспортного процесса по каждому судну в реальном масштабе времени в режиме «специалист-компьютер».

Важное место в решении этих задач занимают вопросы создания системы информационного обеспечения решения оперативных задач: сбор, передача, хранение, переработка информации, укомплектование предприятий и организаций речного транспорта современными техническими средствами (судоходных компаний, флота, портов, пристаней и т.п.).

На время, когда не разработана в полном объеме и внедрена система автоматизированных расчетов решения оперативных задач второй группы в судоходной компании, «специалист» должен иметь высокую квалификацию, профессиональную интуицию, основанную на опыте работы, подробно знать воднотранспортный бассейн, возможности транспортных перегрузочных средств и возможности ЭВМ, уметь грамотно работать с оперативной информацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дерябина, И.С. Оперативный менеджмент в системе непрерывного планирования работы флота / И.С. Дерябина // Сиб. научн. вестн. Вып. XV. -Новосибирск: РАЕН Сиб. отделение, 2011. -С. 118-120.
- 2 Захаров, В.Н. Организация работы речного флота»: учебник / В.Н. Захаров, В.П. Зачесов, А.Г. Малышкин. -М: Транспорт, 1994, -287 с.
- 3 Савин, В.И. Математические методы оптимального планирования работы флота и портов / В.И. Савин. -М.: Транспорт, 1969. -168 с.
- 4 Бунташова, С.В. Методы решения эксплуатационно-экономических задач»: учебное пособие / С.В. Бунташова, В.П. Зачесов. -Новосибирск: НГАВТ, 2007. -58 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: задачи, методы решения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Дерябина Ирина Сергеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Зачесов Александр Венедиктович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

О ВОПРОСЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ СРОКОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

С.А. Бессоненко, Л.С. Жарикова

ABOUT THE QUESTION OF RATIONAL DEFINITION OF CARGO DELIVERY ON THE RAILWAYS

Siberian state transport university

S.A. Bessonenko, L.S. Zharikova

The article analyses the problem of freight delivery in time on the railways. The algorithm for solution of the problem of timely delivery of cargo.

Keywords: delivery time, plan of formation of trains, railway technology

Приведен анализ проблемы доставки грузов в срок на железнодорожном транспорте. Приводится алгоритм решения задачи своевременной доставки грузов.

Своевременная доставка грузов получателю позволит минимизировать затраты ОАО «РЖД» на выплату пени за просрочку доставки, а также сократить расходы грузополучателей на складирование груза, прибывшего ранее установленного срока, и на содержание страхового запаса в случае задержки поставки и тем самым повысит клиентоориентированность железных дорог.

В настоящий момент времени нормативные сроки доставки грузов задаются вне связи с действующей технологией организации вагонопотоков, позволяющей оптимизировать эксплуатационные затраты на перевозку [1].

Расчет нормативного срока доставки осуществляется в зависимости от расстояния следования и типа отправки, в то время как основным элементом, влияющим на срок доставки, согласно технологии продвижения вагонопотоков является количество переработок на сор-

тировочных станциях и, как следствие, суммарный простой вагона в сортировочном парке под накоплением [2].

Практика показывает, что количество сортировочных станций, проходящих вагоном с переработкой, не имеет прямой зависимости от расстояния перевозки. В работах Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС») [3] отмечено, что число переработок в пути следования, при условии соблюдения нормативного срока доставки, не должно превышать 3-4 переработок. Следовательно, в большинстве случаев отправки, имеющие в пути следования менее трех переработок, прибывают ранее нормативного срока доставки, а отправки, перерабатываемые в пути следования более четырех раз – опаздывают в пункт назначения.

В тоже время, срок доставки грузов железнодорожным транспортом T_0 имеет случайный разброс в силу стохастической природы времени нахождения поезда на технических станциях в ожидании выполнения технологических операций. В каждый момент времени t оно будет $T_0 \pm \delta(t)$ (рисунок 1).

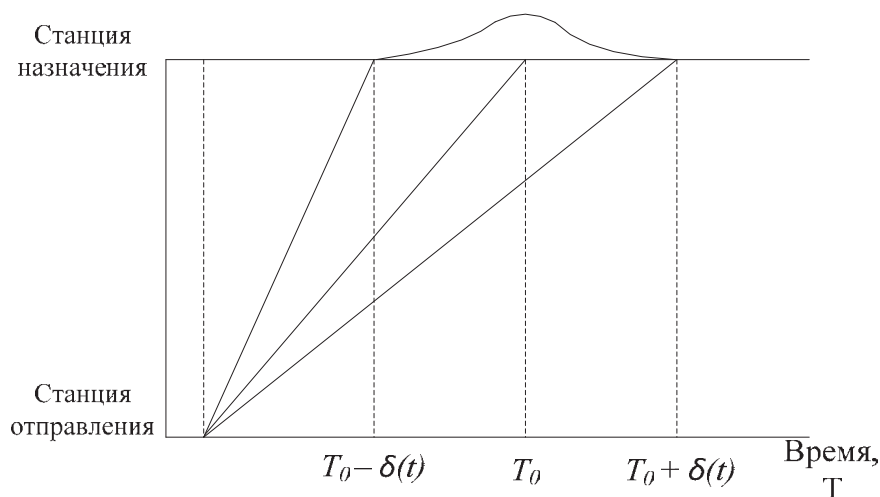


Рисунок 1 – Структура потерь при случайном времени доставки

В работах профессора П.А. Козлова отмечается два типа дополнительных затрат клиентов железнодорожного транспорта при случайной величине срока доставки грузов:

- при раннем прибытии $T_0 - \delta(t)$ – дополнительные затраты на хранение груза;
- при позднем прибытии $T_0 + \delta(t)$ – ущерб от недопоставки [4].

При этом затраты клиента, возникающие при позднем прибытии, возможно частично компенсировать путем взыскания пени с перевозчика. Согласно статье 97 Устава железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» выплачивает грузовладельцу штраф за просрочку доставки вплоть до 100% от провозной платы [5].

Задачу минимизации дополнительных затрат грузополучателей, связанных с несвоевременной доставкой груза можно выразить как

$$E_{\text{кл}} = E_{\text{ущерб}} + E_{\text{скл}} \rightarrow \min ,$$

где $E_{\text{ущерб}}$ – ущерб клиента от недопоставки;

$E_{\text{скл}}$ – затраты на складское хранение запасов сырья и готовой продукции.

$$E_{\text{скл}} = E_{\text{скл}}^{\text{зап}} + E_{\text{скл}}^{\text{ПНОП}} + E_{\text{скл}}^{\text{ваг}} \rightarrow \min ,$$

$E_{\text{скл}}^{\text{зап}}$ – затраты, связанные со складированием страховых запасов на случай задержки поставки грузов;

$E_{\text{скл}}^{\text{ПНОП}}$ – затраты, связанные со складированием грузов, прибывших ранее установленного срока, на складе грузополучателя;

$E_{\text{скл}}^{\text{ваг}}$ – затраты, связанные со складированием грузов, прибывших ранее установленного срока, в вагонах на территории грузополучателя.

Следовательно, расходы грузополучателей стремятся к нулю только в случае гарантированной доставки согласно нормативному сроку, который, в ряде случаев, не удовлетворяет условию минимизации эксплуатационных затрат на перевозку (рисунок 2).

Стохастическую постановку данной задачи можно сформулировать следующим образом: определение такого нормативного срока доставки, при котором расходы железных дорог и клиента стремятся к минимуму (рисунок 3).

Таким образом, процесс доставки грузов железнодорожным транспортом должен опре-

деляться решением задач минимизации зависящих эксплуатационных расходов на перевозку с одной стороны и минимизации затрат ОАО «РЖД» и клиента, связанных с несвоевременной доставкой груза – с другой.

Поиск оптимального срока доставки, удовлетворяющего заданным требованиям, возможен двумя методами: изменение технологии работы перевозочного процесса, в части плана формирования поездов, с использованием управляемых динамических резервов, или корректировка системы определения нормативного срока доставки грузов железнодорожным транспортом.

Увеличение технологического времени следования отправок с целью прибытия на станцию назначения своевременно, то есть согласно нормативному сроку, заведомо не целесообразно. Данные меры приведут к увеличению такого показателя как оборот вагона, что повлечет за собой необходимость увеличения вагонного парка и излишнюю занятость инфраструктуры.

Имеет смысл рассмотреть возможные меры повышения транзитности вагонопотоков путем сокращения числа переработок в пути следования для отправок, имеющих свыше четырех переработок, с целью выполнения нормативного срока доставки. Добиться сокращения числа переработок возможно путем выделения дополнительных более дальних назначений плана формирования поездов на станциях переработки вагонопотоков.

Эффективность рассчитывается по формуле

$$\Theta = N_{\text{дал}} \Delta E_{\text{пер-тр}}^{\text{уст}} - (cm_{\text{ф}} e_{\text{вч}}),$$

где $N_{\text{дал}}$ – суммарная мощность вагонопотоков, выделяемых в отдельное более дальнее назначение, вагонов/сут;

$\Delta E_{\text{пер-тр}}^{\text{уст}}$ – изменения затрат на проследование через попутные технические станции вагона, освобождаемого от переработки на данных станциях, руб./вагон;

$cm_{\text{ф}} e_{\text{вч}}$ – затраты связанные с накоплением дополнительного назначения на станции, руб;

c – параметр накопления, состав·ч/сут;

$m_{\text{ф}}$ – расчетный состав формируемых поездов, вагонов;

$e_{\text{вч}}$ – расходная ставка на 1 вагон·ч грузового вагона, руб./(вагон·ч).

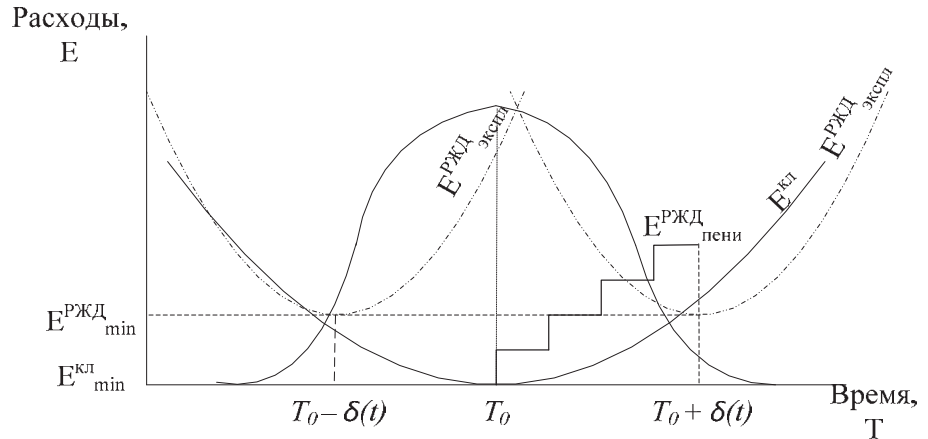


Рисунок 2 – Зависимость расходов ОАО «РЖД» и клиентов от срока доставки груза: $E_{\text{экспл}}^{\text{РЖД}}$ – зависящие эксплуатационные расходы ОАО «РЖД»; $E_{\text{пени}}^{\text{РЖД}}$ – затраты ОАО «РЖД» на выплату пени при позднем прибытии; $E^{\text{кл}}$ – дополнительные затраты грузополучателей, связанные с несвоевременной доставкой груза

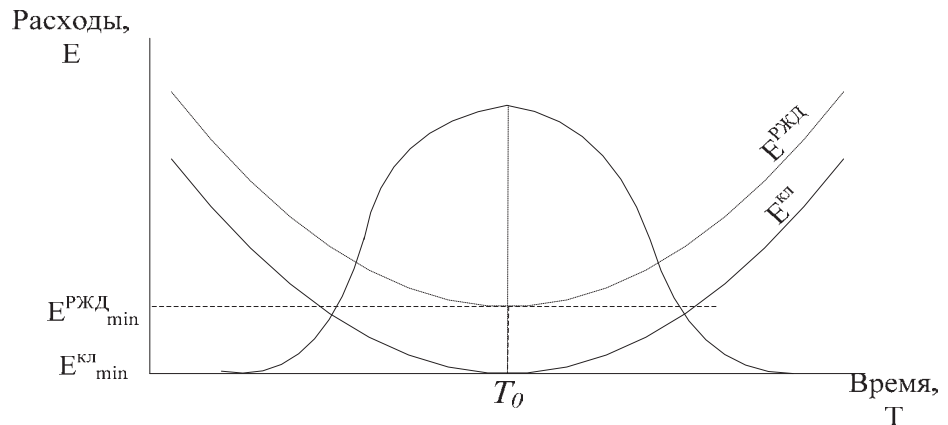


Рисунок 3 – Определение оптимального срока доставки грузов

Однако необходимо учитывать затраты на формирование новых назначений, дополнительные затраты на формирование существующих назначений, возникающие при уменьшении их мощности, а также технические возможности сортировочных станций.

Расчет среднего времени замедления накопления вагонов новых назначений и оставшихся (после выделения нового назначения) вагонов существующих назначений плана формирования по формулам

$$T_3^{н.назн.} = t_{нак}^{н.назн.} - t_{нак}^{сущ.назн.}; T_3^{ост.в-в} = t_{нак}^{ост.в-в} - t_{нак}^{сущ.назн.},$$

где $t_{нак}^{н.назн.}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов нового назначения;
 $t_{нак}^{сущ.назн.}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов существующего назначения плана формирования поездов (ПФП);
 $t_{нак}^{ост.в-в}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов, оставшихся после выделения нового назначения.

Под корректировкой системы определения нормативных сроков доставки следует понимать переход к расчету технологического срока, максимально учитывающего технологию организации перевозочного процесса. Принципиально время технологического срока доставки можно выразить формулой

$$T_{тех} = T_{дв} + T_o + T_{б/п,лбр} + T_{б/п,лок} + T_{с/п} + T_n + T_{доп}, \quad (6)$$

где $T_{дв}$ – время в движении по участкам;
 T_o – время на станции отправления;
 $T_{б/п,лбр}$ – время на технических станциях без переработки со сменой локомотивной бригады;
 $T_{б/п,лок}$ – время на технических станциях без переработки со сменой локомотива;
 $T_{с/п}$ – время на технических станциях с переработкой;
 T_n – время на станции назначения;
 $T_{доп}$ – время на дополнительные операции.

Весь процесс доставки грузов имеет смысл разделить на технологические элементы, такие как, время следования по бригадным участкам, простой вагонов на технических станциях с переработкой и без, а также на станциях отправления и назначения.

При этом каждый элемент будет представлять собой сумму времени на выполнение технологической операций и времени технологического резерва

Временные затраты на технологические операции зависят от установленной технологии обработки составов поездов и определяются отдельно для каждой станции на основе установленных технологических процессов (исключая время на накопление составов). Время простоя вагона под накоплением необходимо рассчитывать отдельно для каждой станции переработки вагонопотока в зависимости от мощности назначения.

Время технологического резерва состоит из непроизводительных простоев вагонов в ожидании технологических операций, а также дополнительного резерва времени простоя вагонов под накоплением до составов установленного веса и длины. Дополнительное время резерва простоя под накоплением необходимо учитывать для вагонов, являющихся начальной группой при формировании составов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шенфельд, К.П. Проблема нормирования сроков доставки грузов в современных условиях / К.П. Шенфельд, Е.А. Сотников // *Фундаментальные исследования для долгосрочного развития железнодорожного транспорта: сб. тр. членов и научн. партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»*. -М.: Интекс, 2013. -С. 121-127.
- 2 Югина, О.П. Доставка грузов в срок / О.П. Югина, Л.С. Казанцева // *Железнодорожный транспорт*. -2013. -№9. -С. 60-63.
- 3 Анализ организации работы с групповыми и повагонными отправлениями, имеющими свыше пяти переработок в пути следования, разработка предложений по повышению их транзитности: Отчет о НИР. Рук. работы А.Ф. Бородин. ОАО «НИИАС», 2011. -44 с.
- 4 Козлов, П.А. Оптимизация взаимодействия поставщиков и потребителей при случайном разбросе в потреблении и времени доставки / П.А. Козлов, И.П. Владимирская // *Вестник РГУПС*. -2009. -№2. -С. 66-70.
- 5 Сборник основных федеральных законов о железнодорожном транспорте. -М.: Юридическая фирма «Юртранс», 2003. -192 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *срок доставки, план формирования поездов, перевозочный процесс*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Бессоненко Сергей Анатольевич, докт. техн. наук, заведующий кафедрой ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
Жарикова Лариса Сергеевна, преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ТРУДОВОЙ МОТИВАЦИЕЙ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

Т.Е. Шатунова

SYSTEM APPROACH TO MANAGEMENT OF LABOR MOTIVATION OF RAILWAY TRANSPORT SPECIALISTS
Siberian state transport university
T.E. Shatunova

Developed ways of improving motivation of experts of organizations of railway transport on the basis of the synthesized the author of the motivational factors and the revealed features of labor and motivational processes.

Keywords: intellectual labor, systematic approach, improving motivation, railway transport

Разработаны направления совершенствования мотивации труда специалистов организаций железнодорожного транспорта на основе представленной системы мотивационных факторов и выявленных особенностей трудового и мотивационного процессов.

Железнодорожные перевозки – это технологически и организационно сложный процесс, который разрабатывают и контролируют работники инженерно-технического труда, то есть специалисты предприятий. Для привлечения и закрепления в Холдинге «Российские железные дороги» персонала высокой квалификации одним из приоритетных направлений развития транспортного комплекса является повышение мотивации труда [1].

Мотивацию труда специалистов железнодорожного транспорта целесообразно рассматривать, используя системный подход (направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов) [2]. В системе мотивации целесообразно выделить две её подсистемы: подсистему материальной мотивации, в которую входят блоки премирования и оплаты труда и подсистему нематериальной мотивации, включающие блок социально-психологических инструментов и блок организации труда.

При снижении мотивирующей силы одного из блоков, возможно сохранить высокий уровень мотивации специалистов за счет усиления влияния элементов других блоков.

Как показало исследование автора, трудовой процесс специалистов предприятий железнодорожного транспорта обладает следующими особенностями:

- высокие нервно-психические нагрузки, связанные с напряженным графиком работы, постоянными перегрузками внимания и памяти и стрессами;
- необходимость удерживать в памяти большой объем информации и учета множества факторов в условиях постоянно меняющейся среды;
- сложность работы, связанная с необходимостью единоличного принятия некоторых решений в условиях ограниченного времени (5 мин, 3 мин), так как в некоторых ситуациях специалист обладает той информацией, которой не обладают другие работники;
- потребность в творческом мышлении, которое является сложнейшим психофизиологическим процессом, протекающий в коре головного мозга, в условиях отсутствия стандартных алгоритмов выполнения работы;
- ограниченность подвижности организма работника, что приводит к некоторым негативным изменениям опорно-двигательного аппарата, системы дыхания и кровообращения;
- отсутствие готовых методик непосредственного измерения объемов и качества результатов деятельности специалистов предприятий;
- необходимость постоянного повышения квалификации, усугубленное реструктуризацией отрасли, в связи с необходимостью принятия решений с учетом параметров деятельности смежных подразделений. В связи с чем, задача мотивации труда специалистов является исключительно сложной.

Исследования основных достижений ученых в области мотивации труда специалистов [3-7] позволили автору выявить основные особенности мотивации труда специалистов предприятий:

- сложность непосредственного измерения и контроля объемов и качества результатов деятельности специалистов;
- зависимость эффективности и интенсивности труда от активизации процессов в коре

головного мозга, которая может быть вызвана рядом внешних факторов: личной заинтересованности в результатах, лояльности к ценностям организации, отношение к целям и задачам производственного процесса, межличностные взаимоотношения в коллективе.

С учетом выявленных особенностей системный подход предполагает два направления постоянного развития системы мотивации труда специалистов железнодорожного транспорта:

– совершенствование материальной мотивации, направленное на снижение ощущения несправедливости специалистов, возникающего в ситуациях «размер премии зависит не только от объемов и качества моей работы» и «моя зарплата не соответствует объему выполняемой мной работы»;

– совершенствование системы нематериальной мотивации с целью улучшения социально-психологического климата в коллективе, направленное на применение индивидуальных – для морального поощрения лучших работников и коллективных нематериальных стимулов – для создания в коллективе благоприятной обстановки взаимоуважения.

Совершенствование материальной мотивации целесообразно проводить за счет системы премирования. Исследование системы мотивации специалистов железнодорожного транспорта показало, что недостаточную мотивирующую силу системы премирования специалистов целесообразно компенсировать воздействием социально-психологических инструментов и совершенствованием организации труда.

В повышении трудовой активности специалистов, определяющими могла бы стать система нематериального поощрения, в которую входят социально-психологические инструменты и вопросы организации труда.

Социально-психологические инструменты классифицируются на коллективные и индивидуальные.

Для создания в коллективе благоприятной обстановки взаимоуважения, сплочения коллектива, развития лояльности к организации рекомендуются следующие социально-психологические инструменты: организация корпоративных мероприятий; формирование групп, состоящих из молодых сотрудников, призванных решить общественные проблемы предприятия (например отправка писем коллегам на день рождения или юбилей); организация спортивных мероприятий; конкурсов художественной самодеятельности; культурно-духовное общение (клубы по интересам).

Для поощрения лучших работников рекомендуются такие социально-психологические инструменты как: письма на день рождения или юбилей; гибкий график за счет перераспределения обязанностей; благодарность руководителя; возможность решения сложных задач и похвала; ответственность; отсутствие контроля, доверие; фотография с начальником, размещенная в рамке на столе или на кружке с фирменным логотипом подразделения.

Актуализация социально-психологических инструментов обеспечит у специалистов уверенность в том, что добросовестный труд и примерное поведение всегда получает признание и положительную оценку, принесут уважение и благодарность. Справедливое признание трудовых заслуг работника поднимает моральный авторитет труда, возвышает личность, формирует активную жизненную позицию [8].

Методы мотивации работников необходимо, рассматривать в неразрывной связи с вопросами организации труда, то есть в системе, комплексно.

И если система заработной платы и система премирования относятся к чисто денежному вознаграждению, то система организации труда для специалистов также является элементом нематериальной мотивации.

Управлять производительностью труда можно и делать это необходимо через комплекс мероприятий по эффективной организации рабочего места, которые позволяют значительно повысить эффективность и управляемость операционной зоны, улучшить корпоративную культуру, повысить производительность труда и снизить потери времени [9].

Обеспечение работника достаточным количеством ресурсов (материальных, временных, информационных) также является, неотъемлемым аспектом нематериальной мотивации, как и предоставление работнику эффективного алгоритма действий, так как работник не обладающий необходимым количеством ресурсов быстро утратит мотив к выполнению своих должностных обязанностей.

Когда будет реализован системный подход к мотивации, только тогда в трудный переходный период реорганизации отрасли удастся привлечь и удержать молодых, перспективных и квалифицированных специалистов, необходимых для реализации инновационных

факторов развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года и основные приоритеты его развития на среднесрочный период до 2015 года» (утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 20.01.2010 №74р).
- 2 Ракитов, А.И. Философские проблемы науки: системный подход / А.И. Ракитов. -М.: Мысль, 1977. -270 с.
- 3 Герцберг, Ф. Мотивация к работе/ Ф. Герцберг. Пер. с англ. -М.: Вершина, 2007. -238 с.
- 4 Давыдов, А.В. Мотивация и оплата труда в рыночной экономике: -2-е изд. / А.В. Давыдов, А.С. Овсянников, И.М. Маложон. -Новосибирск: Наука, 2004. -214 с.
- 5 Маслоу, А. Мотивация и личность / А. Маслоу. -СПб: Питер, 2011. -351 с.
- 6 Терехова, Н.Р. Совершенствование мотивации и оплаты инженерного труда: методология и практика / Н.Р. Терехова. -Иваново: ИвГУ, 2005. -265 с.
- 7 Хекхаузен, Х. Мотивация и деятельность: -2-е изд. / Х. Хекхаузен. -СПб.: Питер; -М.: Смысл, 2003. -860 с.
- 8 Патрушев, В.Д. Удовлетворенность трудом: социально-экономические аспекты / В.Д. Патрушев, Н.А. Калмакан. -М.: Наука, 1993. -112 с.
- 9 Кузнецова, О.В. Инструменты повышения эффективности мотивационного механизма в холдинговой структуре ОАО «РЖД» / О.В. Кузнецова. -Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. -131 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интеллектуальный труд, системный подход, совершенствование мотивации труда, железнодорожный транспорт

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шатунова Татьяна Евгеньевна, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ТРАНСПОРТНОГО РЫНКА ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ГРУЗОВ В МОРСКОМ ПОРТУ

ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»
Владивостокский филиал ГКОУ ВО «Российская таможенная
академия»

Т.Е. Маликова, А.А. Янченко

THE SYSTEM ANALYSIS OF TRANSPORT MARKET PARTICIPANTS INTERACTION IN THE PROCESS OF GOODS CLEARANCE AT SEA PORT

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
Vladivostok Branch of the Russian Customs Academy
T.E. Malikova, A.A. Yanchenko

The article deals with the topical issues relating to connecting technological processes of all the market transport participants in the process of information flow at sea port.

Keywords: container, clearance, preliminary informing, technological process, information flow, port

Рассмотрены вопросы, связанные с сопряжением технологических процессов всех участников транспортного рынка при прохождении информационного потока в морском порту.

Устойчивая тенденция увеличения объемов грузов Дальневосточного региона в части перевозок морским транспортом, связанная с ростом мировой экономики стран Азиатско-тихоокеанского региона, и, соответственно, возрастание объемов перевалки грузов в будущем, определили задачи государственной политики по улучшению транспортной ситуации в морских российских портах Тихоокеанского бассейна. План мероприятий, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2014 г. №739-р определил ключевой показатель эффективности работы – снижение срока нахождения груза в порту (за исключением хранения) с 8 суток в 2014 г. до 2 суток в 2017 г. Следует отметить, что средний срок нахождения контейнеров в порту Владивосток за 2014 г. с момента выгрузки и до окончания государственного контроля составляет 7,8 суток, а срок хранения – 5,4 суток.

Для реализации плана в январе 2014 г. в порту Владивосток, была разработана система взаимодействия ОАО «ВМТП», экспедиторов, судовых (грузовых) агентов, декларантов, железной дороги, региональных подразделений таможенных и налоговых органов. Единый технологический процесс (ЕТП) взаимодействия всех участников транспортного рынка можно условно разделить на три временных участка: время совершения операций до прибытия судна в порт; время от подачи таможенной декларации (в случае подачи предварительной таможенной декларации - от поступления товаров) до выпуска товаров в свободное обращение; время с момента выпуска товаров до фактического вывоза контейнера из порта.

На первом этапе с использованием информационных технологий, таких как портал FILLBILL, прототип портала «Морской порт», портал ФТС России «Электронное представле-

ние сведений», информационной системы ОАО «ВМТП» выполняются операции связанные с реализацией технологии предварительного информирования о товарах, ввозимых на таможенную территорию Таможенного союза. Рассмотрим ЕТП взаимодействия всех участников транспортного рынка на этом этапе (рисунок 1).

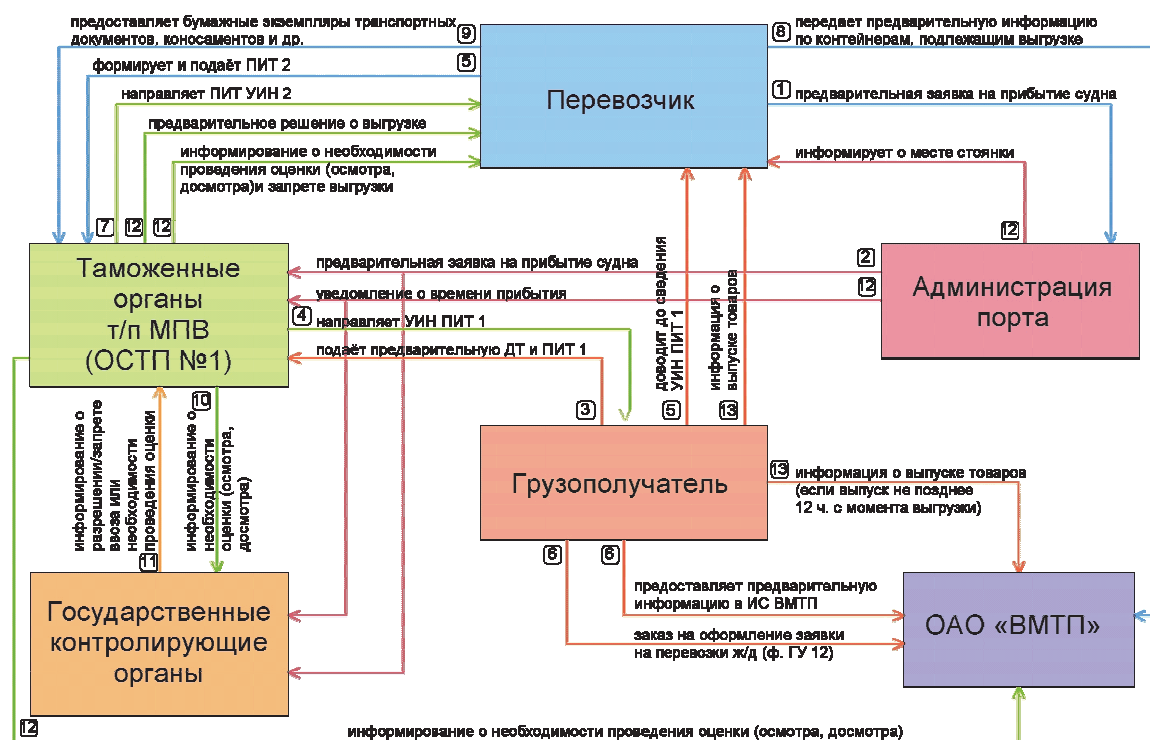


Рисунок 1 – Технологическая схема взаимодействия участников транспортного рынка до прибытия судна в порт ОАО «ВМТП»

Перевозчиком за 72 ч подаются в администрацию порта предварительная заявка на прибытие судна (подтверждается за 24 ч), а ОАО «ВМТП» предварительная информация о контейнерах, подлежащих выгрузке. Администрация порта передает предварительную заявку на прибытие судна в государственные контрольные органы и информирует перевозчика о месте стоянки судна. ОАО «ВМТП» на основании предварительной информации осуществляет подготовку предварительного отчета по форме ДО-1 с последующим уточнением количества мест, веса и оттисков пломб в процессе выгрузки судна и размещения товаров на временное хранение, а также осуществляет планирование выгрузки контейнеров и размещение в зоне таможенного контроля (ЗТК).

Грузополучатель предоставляет предварительную декларацию на товары (ДТ) и предварительную информацию о товаре (ПИТ1) в электронной форме в таможенный пост Морской порт Владивосток (т/п МПВ). ПИТ1 содержит информацию о товарах, планирующихся к перевозке в адрес одного получателя на одном транспортном средстве, по одному транспортному документу. В случае отсутствия ошибок при прохождении форматно-логического контроля, ПИТ1 присваивается уникальный идентификационный номер (УИН ПИТ1). УИН ПИТ1 направляется в адрес грузополучателя, который в свою очередь передает его перевозчику. Также грузополучатель предоставляет в ОАО «ВМТП» предварительную информацию путем ввода в информационную систему (ИС) ВМТП необходимых сведений.

Перевозчик на основании ПИТ1 формирует и направляет на т/п МПВ ПИТ2 (предварительную информацию о судозаходах, содержащую сведения о планируемом прибытии на таможенную территорию Таможенного союза морских судов, сформированную с использованием программных средств), которой после прохождения форматно-логического контроля присваивается уникальный идентификационный номер (УИН ПИТ2).

Полученные электронные сообщения в предварительной ДТ и формах ПИТ1 и ПИТ2 используются для формирования электронных форм таможенных документов и журналов учета при приходе судна, а также принятия предварительного решения о необходимости проведения таможенных операций, связанных с таможенным оформлением и таможенным контролем, проведением иных форм таможенного контроля, разрешением (запретом) вы-

грузки грузов, возможности начала выгрузки до окончания совершения таможенных операций. В настоящий момент среднее время совершения операций первого этапа составляет 4,5 суток.

На втором этапе осуществляются операции, совершаемые по прибытию судна в морской пункт пропуска Владивосток, а также его разгрузка и размещение контейнеров на территории ОАО «ВМТП» в зоне таможенного контроля [1] и операции, связанные с таможенным декларированием ввезенных товаров [2] (рисунки 1 и 2).

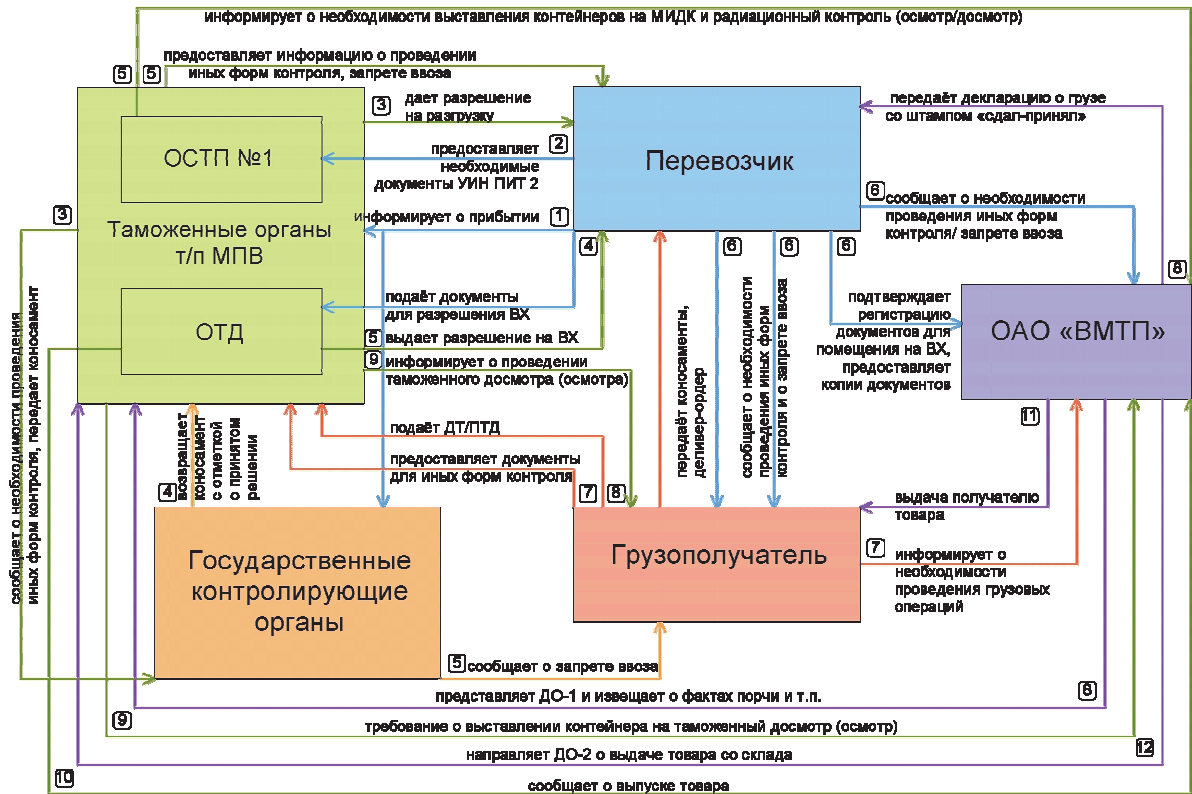


Рисунок 2 – Технологическая схема взаимодействия участников транспортного рынка по прибытию судна в порт ОАО «ВМТП»

По прибытию судна в порт в течение 10 мин перевозчик информирует контролирующие органы о прибытии судна, представляет в отдел специальных таможенных процедур №1 т/п МПВ (ОСТП №1) необходимые документы и сведения о прибывшем транспортном средстве и о грузе, о соблюдении запретов и ограничений (согласно ст. 159 ТК ТС), а также УИН ПИТ2. ОСТП №1 проверяет представленные документы с учетом предварительных решений, принятых на первом этапе и после проведения таможенного контроля в декларации о грузе (судовом манифесте) проставляет штамп «Груз таможенный». Также, по согласованию с должностными лицами пограничного контроля и при необходимости другими контролирующими органами, выдается разрешение на разгрузку (проставляется отметка в декларации о грузе «Разгрузка разрешена»), за исключением товаров, запрещенных к ввозу или ограниченных к ввозу на таможенную территорию.

Перевозчик после получения разрешения на выгрузку представляет декларацию о грузе, судовой манифест и коносаменты в отдел таможенного досмотра т/п МПВ (ОТД) и после получения разрешения на размещение груза на временное хранение, передает ОАО «ВМТП» подтверждение о регистрации документов для помещения на временное хранение и копии документов с предписанием о месте выгрузке и штампом таможенного органа «Груз таможенный».

ОАО «ВМТП» контролирует выгрузку контейнеров, подтверждает в ИС ВМТП прием выгруженного контейнера, организует проведение радиационного контроля, представляет в отдел таможенного досмотра т/п МПВ в электронной форме ДО-1. Затем передает перевозчику декларацию о грузе с проставленным штампом «Сдал-принял» в срок не позднее следующих суток за днем выгрузки контейнеров с судна. В случае установления факта порчи и повреждения товаров, а также при любых других несоответствиях фактических товаров све-

дениям транспортных и коммерческих документов, ОАО «ВМТП» извещает об этих фактах т/п МПВ и перевозчика путем представления актов общей формы в электронном виде, заверенных электронной подписью. По мере выгрузки контейнера с борта судна осуществляется перераспределение контейнерных потоков. При наличии в ИС ВМТП информации о необходимости проведения осмотра с использованием МИДК определенные контейнеры направляются в соответствующую накопительную зону, а при необходимости проведения дополнительного радиационного контроля товаров при помощи систем «Янтарь» выставляет контейнеры на специальную площадку (не позднее 09:00 дня, следующего за днем получения требования). После окончания фактического контроля, осуществляет перемещение контейнеров в зону хранения.

Грузополучатель осуществляет подготовку документов для предоставления в таможенный орган, получает коносаменты у перевозчика или т/п МПВ (при проведении оценки иными контролирующими органами), принимает меры (совместно с ОАО «ВМТП» и перевозчиком), направленные на представление необходимых документов в т/п МПВ для проведения санитарно-карантинного и других форм контроля, незамедлительный вывоз и уничтожение запрещенных для ввоза товаров. Незамедлительно, после получения коносаментов подает декларацию на товары (ДТ) или ПТД (предварительную товарную декларацию) на т/п МПВ, который принимает и регистрирует ее в срок не более 2-х часов с момента подачи.

В случае принятия решения о проведении таможенного досмотра (осмотра) ОТД информирует декларанта о принятом решении, формирует требование ОАО «ВМТП» о выводе контейнера на таможенный досмотр (осмотр) путем внесения информации в ИС ВМТП (к 09:00 дня, следующего за днем предъявления требования). А после принятия решения о выпуске товара незамедлительно (в течение одного часа) направляет электронное сообщение в ИС ВМТП и принимает и регистрирует отчетность от ОАО «ВМТП» по форме ДО-2 о выдаче товаров со склада. После получения информации о выпуске товаров ОАО «ВМТП» производит выдачу груза получателю с внесением информации в ИС ВМТП. Средний срок выполнения операций на втором этапе в настоящее время составляет 3,3 суток.

Третий этап (среднее время от выпуска до фактического вывоза товара за пределы порта) имеет значительный временной интервал и занимает около 45% от общего срока нахождения контейнера в порту. Это связано с накоплением контейнеров в порту с целью формирования поездов, направляемых на одну станцию назначения. Средний срок нахождения товаров на третьем этапе составляет 5,4 суток.

Выполненный анализ ЕТП взаимодействия участников транспортного рынка позволил определить основные направления, позволяющие сократить сроки нахождения контейнеров в порту. При этом существенное влияние на скорость движения контейнерного потока оказывает организация электронного документооборота в морском пункте пропуска с применением предварительного информирования. Это позволяет повысить пропускную способность морских портов, за счет сокращения времени проведения таможенных операций, а также оптимизировать таможенный контроль за счет выбора объектов контроля до фактического прибытия товаров и транспорта в пункт пропуска. В результате внедрения данной технологии в морском порту Владивосток произошло сокращение сроков фактического пребывания контейнеров в порту на 4,5 суток. Кроме того на ускорение процесса движения контейнеров оказывает влияние внедрение электронного документооборота, который позволяет осуществлять контроль за прохождением грузов на территории ПЗТК в режиме реального времени всеми участниками транспортного процесса с использованием ИС ВМТП.

Стратегическими направлениями дальнейшего развития системы взаимодействия участников транспортного рынка, являются: внедрение в практику полнофункционального портала «Морской порт», обеспечивающего информационное взаимодействие всех заинтересованных лиц; реализация возможностей, заложенных в технологиях предварительного информирования и декларирования, в том числе решение проблем, связанных с недостаточной активностью заинтересованных лиц в подаче сведений о товарных партиях; юридическое сопровождение процесса внедрения перспективных таможенных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Маликова, Т.Е. Анализ процесса формирования таможенного логистического потока на контейнерном терминале / Т.Е. Маликова, Ю.В. Гришина // Пробл. трансп. Дальн. Вост.: докл. X между. научн.-практ. конф. 2-4 октября 2013 г. -Владивосток: ДВО ПАТ, 2013. -С. 217-218.
- 2 Маликова, Т.Е. Организация таможенного контроля на контейнерных терминалах в морских пунктах пропуска / Т.Е. Ма-

ликова // Пробл. трансп. Дальн. Вост.: докл. X межд. научн.-практ. конф. 2-4 октября 2013 г. -Владивосток: ДВО ПАТ, 2013. -С. 81-83.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *контейнер, оформление, предварительное информирование, технологический процесс, информационный поток, порт*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Маликова Татьяна Егоровна, докт. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
Янченко Анна Анатольевна, старший преподаватель ВФ РТА
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
690034, г.Владивосток, ул.Стрелковая, 16в, ВФ РТА

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

В.В. Буровцев

THE METHODOLOGY OF ECONOMIC EVALUATION OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF NATURAL MONOPOLY BRANCHES OF RUSSIAN ECONOMY

Siberian state transport university
V.V. Burovtsev

Presented article is devoted to topical issues of reforming natural monopoly industries of national economy. For example, rail transport has consistently justified methodology for the evaluation of the transformation of the railway complex as macroeconomic control.

Keywords: structural reform of railway transport, state regulation, macroeconomic score change

Рассматриваются актуальные вопросы реформирования естественно-монопольных отраслей отечественной экономики. На примере железнодорожного транспорта последовательно обосновывается методология оценки преобразований железнодорожного комплекса как макроэкономического регулятора.

С начала реализации масштабных структурных преобразований на отечественном железнодорожном транспорте минуло достаточно времени. Достаточно, для того, чтобы можно было говорить не о промежуточных результатах, а об объективно сложившихся итогах, еще продолжающихся преобразований. Современный момент дает огромное преимущество нынешним исследователям, оно состоит в том, что сегодня, возможно, не прогнозировать, а анализировать уже сформировавшиеся в отрасли тренды [1].

Очевидно, что наиболее активная фаза структурного реформирования, привнесшая новые, наиболее существенные и заметные черты в облик отрасли завершилась ещё в 2006 году. Вместе с тем, с ходом реализации структурной реформы, одной из заявленных целей которой является развитие полноценной конкурентной среды на рынке услуг железнодорожных перевозок, возникает все больше сомнений в целесообразности продолжения столь радикальных экономических преобразований. Замечу, что речь идет не об оценке целесообразности проведения преобразований в железнодорожной отрасли в принципе – их необходимость без сомнения назрела.

Совершенно очевидно, что дальнейшее дробление технологического монолита по направлениям деятельности неоднозначно сказывается на экономических результатах деятельности отрасли железнодорожного транспорта: снижается степень управляемости отрасли, растут удельные издержки разрозненных перевозчиков, падает эффективность логистических процессов, катастрофически растут порожние пробеги (в первую очередь частного парка), нет единой адаптированной системы подготовки кадров, в том числе для вновь образуемых предприятий, и т.д. Эффективность использования вагонного парка упала в 1,5 раза в сравнении с 1988 годом [6]! О какой макроэкономической эффективности деятельности отечественного транспортного комплекса может идти речь в условиях явного пробуксовывания механизмов трансформации железнодорожного комплекса [7]? Можно было бы отнести эти процессы на сложность нынешней экономической ситуации, обусловленной глобальным экономическим кризисом. Но мы не должны забывать о значимости отрасли железнодорожного транспорта – это не просто «становой хребет» российской экономики, это, прежде всего, элемент комплексной системы, обеспечивающей целостность нашего государства.

Эффект от повсеместного внедрения конкуренции, о пагубности применения которой на железнодорожном транспорте предупреждал еще С.Ю. Витте в конце XIX века, ничтожен по сравнению с гигантскими размерами убытков, возникающих при оценке дезинтегрирующей деятельности частных компаний в едином технологическом процессе деятельности железнодорожного комплекса [2]. Даже если бы государство просто частично дотировало эту инфраструктурную отрасль за счет развиваемых ей же иных отраслей, через соответствующие финансовые институты, снижение транспортной составляющей в себестоимости отечественной продукции стало бы куда более лучшим конкурентным преимуществом основной части нашего промышленного комплекса.

Возможно, на заре эпохи постсоветского реформирования отечественного железнодорожного комплекса не в полной мере корректно были расставлены акценты грядущих преобразований. Скорее, они должны были бы иметь в меньшей степени структурный характер, нежели регулятивный. Явно недооцениваются возникающие в процессе государственного регулирования деятельности железнодорожного транспорта положительные экономические эффекты, прежде всего, эффект масштаба и масса иных мультипликативных эффектов, способных возникать в смежных отраслях отечественной экономики.

Анализируя системные экономические эффекты, то есть возникающие на уровне всего макроэкономического комплекса России, не сложно прийти к выводу, что гораздо эффективнее было бы не менять структуру отрасли, а совершенствовать рычаги ее стимулирования, прежде всего, государственные методы ее регулирования. С этих позиций оценку эффективности железнодорожного транспорта и проводимых в нем преобразований необходимо проводить как системообразующей отрасли, а не как замкнутой в собственном развитии отрасли. Железнодорожная отрасль имеет стратегическое государственное значение и оценка ее деятельности должна проводиться не как оценка эффективности деятельности самой отрасли, а как эффективность работы масштабного макроэкономического регулятора российской экономики.

В этом случае, даже не важно, сколько дирекций и частных компаний осваивают конкретный рынок, понятно, что эффекты от сложности новой структуры отрасли, ее низкая эффективность становятся обоснованной причиной роста железнодорожных тарифов, их непропорциональности и не адекватности в отношении потребностей российской экономики и всего общества в развитии какой-то конкретной отрасли. Оценка деятельности железнодорожного транспорта как части государственной системы должна производиться с позиций создания общественных благ, а не степени насыщенности конкуренции в конкретной отрасли. Этот вопрос стоит рассматривать еще шире, как своего рода отдельный, самостоятельный аспект взаимодействия государства и бизнеса [3].

Необходимо понимать, что конкуренция на железнодорожном транспорте это не самоцель, это только лишь инструмент в достижении оптимальной удельной эффективности в масштабе микроэкономических условий конкретного технологического процесса железнодорожного комплекса России. Эффект масштаба может превысить положительные эффекты от повсеместной конкуренции на железнодорожном транспорте, а эффект от оптимизации использования целостного вагонного парка может быть выше чем несогласованная маршрутизация частного парка, особенно с учетом масштабов пробега по Российской Федерации. Панацея не в безудержном развитии конкуренции в отрасли, она скорее в межотраслевой конкуренции, борьба альтернативных путей и средств передвижения была всегда актуальна для России, в то же время это и горизонты для развития, отраслевого научного комплекса. Также разумно говорить об обострившейся межгосударственной конкурентной борьбе, основное преимущество России в которой не только в реализации транзитного потенциала, но и возможности значительного снижения удельного веса транспортной составляющей в структуре себестоимости отечественной продукции. Это обстоятельство особенно важно в условиях глобализации мировой экономики и наличия кризисных явлений [4]. Обобщенное, комплексное понимание всех аспектов проблемы экономической оценки структурных трансформаций предполагает не только особые методические подходы к указанной оценке последствий структурного реформирования с учетом внешних и внутренних факторов [5], но и обосновывает методологический подход к указанной оценке объекта как макроэкономического регулятора, оказывающего значительное регулирующее воздействие на ряд иных ключевых отраслей российской экономики.

Таким образом, необходимо четко осознавать суть экономических эффектов, возникающих в ходе реализации структурных преобразований стратегических отраслей россий-

ской экономики и регулярно сопоставлять их с ценой самого процесса реформирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ивановская, Е.А. Финансовые инструменты: до и после реформирования железнодорожного транспорта Российской Федерации / Е.А. Ивановская, И.Ю. Сольская // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012. -№1. -С. 49-52.
- 2 Витте, С.Ю. Конспект лекций о народном и государственном хозяйстве / С.Ю. Витте. -СПб.: 1912. -568 с.
- 3 Шохин, А.Н. Теория и практика взаимодействия бизнеса и власти / А.Н. Шохин // -М.: ГУ-ВШЭ, 2004. -25 с.
- 4 Сольская, И.Ю. Проблемы развития системы государственного контроля в условиях финансового кризиса / И.Ю. Сольская, В.В. Курсаков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. -2012. -№3(35). -С. 201-204.
- 5 Тарасова, В.В. Методика оценки последствий структурного реформирования на второй стадии реализации реформы с учетом внешних и внутренних факторов / В.В. Тарасова, И.Ю. Сольская // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. -2014. -№41. -С. 192-195.
- 6 Кудрявцев, В. Из тупика или в тупик? / В. Кудрявцев // Газета Транспорт России, -№21(569), 22 мая 2009 года.
- 7 Реформа железнодорожного транспорта в РФ пробуксовывает // ИНТЕРФАКС. 14 июня 2012 года.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *структурная реформа железнодорожного транспорта, государственное регулирование, макроэкономическая оценка преобразований*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Буровцев Владимир Викторович, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ ТРАНСПОРТА

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

И.А. Трефилова

FUNCTIONAL MODEL OF AN EFFECTIVE VALUE BASED MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT ENTERPRISE

Siberian state transport university

I.A. Trefilova

The article presents an innovative methodological approach to the creation of a system of effective management of the enterprise with use of value-based management (enterprise value management) and proposed a functional model for the formation of an appropriate control system.

Keywords: system of enterprise management, enterprise value, functional-cost analysis, value-oriented management, criteria for good governance

Представлен инновационный методический подход к созданию системы эффективного управления предприятием с использованием ценностно-ориентированного управления (управления стоимостью предприятия) и предложена функциональная модель для формирования соответствующей системы управления.

Транспортная отрасль, по своему месту в общественном разделении труда, является связывающим звеном между всеми элементами народнохозяйственного комплекса [1]. Поэтому эффективное управление хозяйствующими субъектами транспортной отрасли непосредственно отражается как на результатах деятельности всех предприятий отечественной экономики, так и на уровне жизни всего населения страны в целом. Проблемы формирования эффективного управления транспортными компаниями особенно сильно проявляются в процессе структурного реформирования железнодорожного транспорта [2]. Например, структурное реформирование ОАО «РЖД» сопровождается рациональным переходом на централизованное выполнение учетной функции в форме создания общих центров обслуживания [3].

Управление предприятием требует выявления и объективного измерения показателей, определяющих направления совершенствования его финансово-хозяйственной деятельности. Выработка адекватных управленческих решений предполагает знание причин изменения результатов деятельности в ту или иную сторону. Основным критерием выбора управленческого решения является повышение экономической эффективности деятельности предприятия [4]. Категория экономической эффективности характеризует соотношение результата и затраченного на получение данного результата ресурса. Парадигма критерия эффективности хозяйственной деятельности прошла достаточно длинный путь развития, прежде, чем было сформировано ее современное содержание. Современное представление о критерии эффективности деятельности предприятия связано с величиной и динамикой его стоимости. В основе оценки стоимости предприятия используются принципы и методы инвестиционного анализа, финансового анализа, прогнозирования финансово-хозяйствен-

ной деятельности и многие другие научные подходы [5].

В работе [6] сформулирована концепция стоимостно-ориентированной детерминированной модели эффективности деятельности предприятия. В данной модели результирующим показателем выбрана фундаментальная стоимость предприятия S_ϕ . Фундаментальная стоимость предприятия определяется только показателями его финансово-хозяйственной деятельности без учета влияния рыночных факторов (факторов биржевой конъюнктуры, факторов риска и т.п.). При расчете данного результирующего показателя использованы методы дисконтированных денежных потоков (DCF) и экономической добавленной ценности (EVA). Таким образом, результирующий показатель детерминированной факторной модели стоимости предприятия определяется по формуле

$$S_\phi = \sum_{i=1}^n \frac{EBIT_i(1-T_s) - \Delta IC_i}{(1+WACC)^i} + \frac{[EBIT_n(1-T_s) - \Delta IC_n](1+t)}{(1+WACC)^n(WACC-t)} - D_{i-1}, \quad (1)$$

при выполнении следующих условий:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \frac{EBIT_i(1-T_s) - \Delta IC_i}{(1+WACC)^i} + \frac{[EBIT_n(1-T_s) - \Delta IC_n](1+t)}{(1+WACC)^n(WACC-t)} - D_0 = \\ & = \sum_{i=1}^n \frac{(ROIC_i - WACC)IC_i}{(1+WACC)^i} + \frac{(ROIC_n - WACC)IC_n(1+t)}{(1+WACC)^n(WACC-t)} + E_0; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n EBIT_i(1-T_s) - \Delta IC_i - \frac{EBIT_n(1-T_s) - \Delta IC_n(1+t)}{t} - TA_0 \geq 0, \quad (3)$$

где i – номера лет прогнозного периода, $i = 1, 2, \dots, n$;

$EBIT_i$ – прибыль до вычета процентов и налога на прибыль i -го прогнозного года (рассчитывается как прибыль до налогообложения из Отчета о финансовых результатах плюс проценты к уплате);

$ROIC_i$ – чистая рентабельность инвестированного капитала i -го года прогнозного периода

$$ROIC_i = \frac{EBIT_i(1-T_s)}{IC_i}; \quad (4)$$

ΔIC_i – изменение величины инвестированного капитала i -го года прогнозного периода;

IC_i – величина инвестированного капитала на конец i -го года прогнозного периода;

T_s – эффективная ставка налога на прибыль;

t – долговременный темп прироста доходов в постпрогнозный период;

$WACC$ – средневзвешенная цена капитала;

D_0 – величина долга на конец последнего года предпрогнозного периода;

E_0 – величина собственного капитала предприятия на конец последнего года предпрогнозного периода;

TA_0 – величина суммы активов предприятия на конец последнего года предпрогнозного периода.

При этом нелинейная модель (2) используется для расчета величины средневзвешенной цены капитала $WACC$, а ограничение (3) – для определения числа лет прогнозного периода. Предложенная формулами (1)–(3) детерминированная факторная модель стоимости предприятия, определяет перечень факторов первого уровня, влияющих на эффективность предприятия. Влияние указанных факторов на изменение фундаментальной стоимости предприятия выразится через детерминированную факторную модель вида [6] (рисунок)

$$\Delta S_\phi = F(EBIT, T_s, IC, WACC, t, ROIC). \quad (5)$$

Реализация на практике стоимостно-ориентированной модели управления предприятием требует формирования адекватной эффективной системы управления. Одним из наиболее эффективных методов рационализации систем управления является управленческий функционально-стоимостный анализ (УФСА) [7]. УФСА организационной структуры управления транспортного предприятия осуществляется в несколько этапов [8]. При проведении УФСА исходим из основной концепции деятельности предприятия и разрабатываем: струк-

турно-элементную модель и функциональную модель объекта анализа в форме FAST-диаграммы (рисунок 1); функционально-стоимостную диаграмму. Значимость основных функций определяют с использованием метода расстановки приоритетов. Стоимость определяется либо затратным, либо доходным подходами в зависимости от целей анализа. Функционально-стоимостная диаграмма строится следующим образом: в верхней части диаграммы последовательно располагают функции управления по степени их значимости, в нижней приводят затраты на их реализацию. Функционально-стоимостная диаграмма наглядно показывает степень соответствия значимости каждой функции затратам на ее выполнение.

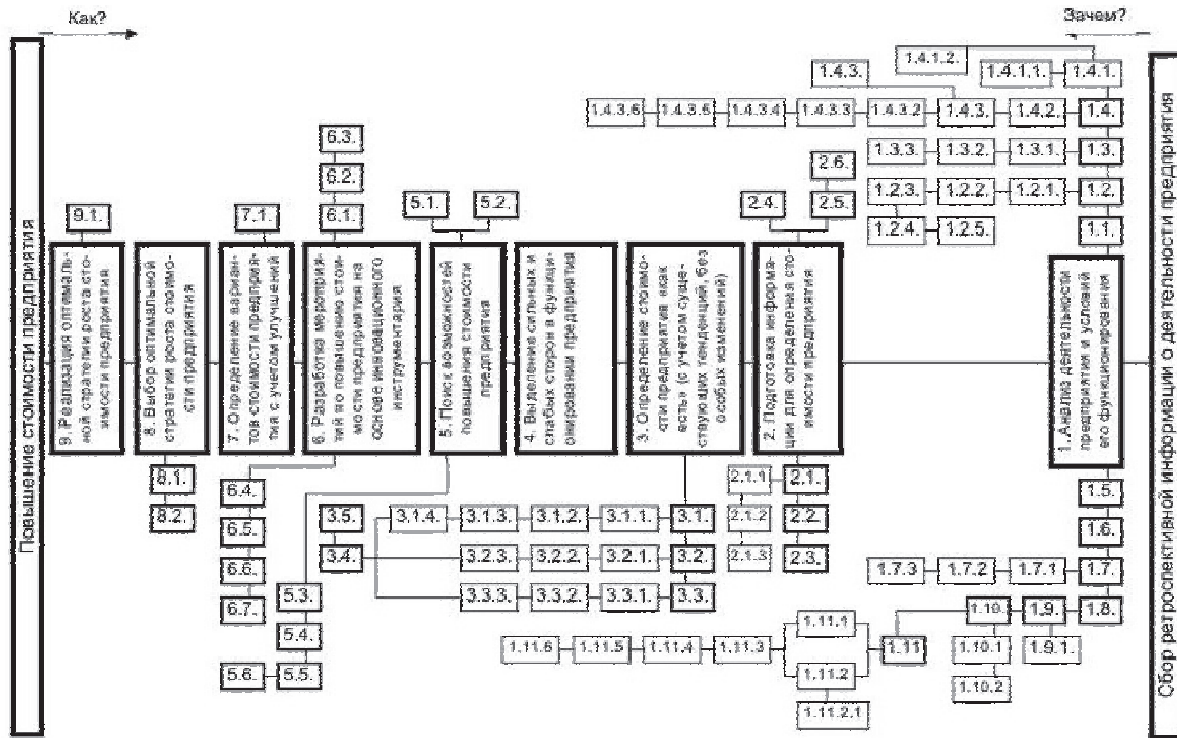


Рисунок – Функциональная модель системы управления стоимостью предприятия: 1.1-Анализ внешней среды функционирования; 1.2-Анализ макроэкономической информации; 1.2.1-Степень устойчивости национальной экономики; 1.2.2-Уровень инфляции; 1.2.3-Инвестиционный климат в стране; 1.2.4-Деловая активность; 1.2.5-Риски бизнеса; 1.3-Анализ отрасли функционирования предприятия; 1.3.1-Рынки сбыта; 1.3.2-Стратегии сбыта; 1.3.3-Соотношение спроса, предложения; 1.4-Условия конкуренции; 1.4.1-Анализ основных конкурсантов; 1.4.1.1-отечественные; 1.4.1.2-импортёры; 1.4.2-Условия для вступления в отрасль; 1.4.3-Продукция конкурентов; 1.4.3.1-товары-заменители; 1.4.3.2-цены; 1.4.3.3-объем производства; 1.4.3.4-каналы сбыта; 1.4.3.5-качество; 1.4.3.6-реклама; 1.5-Комплексный анализ внутренней информации о предприятии; 1.6-Изучение истории развития предприятия; 1.7-Анализ финансового состояния предприятия; 1.7.1-Анализ финансовых отчетов; 1.7.2-Анализ финансовых коэффициентов; 1.7.3-Сравнение со среднеотраслевыми показателями; 1.8-Анализ маркетинговой стратегии предприятия; 1.9-Характеристика поставщиков; 1.9.1-Наличие договоров; 1.10-Производственные мощности; 1.10.1-Техническое состояние; 1.10.2-Наличие функционирующих активов; 1.11-Персонал; 1.11.1-Рабочий персонал; 1.11.2-Управленческий персонал; 1.11.2.1-Управляющий как ключевая фигура; 1.11.3-Квалификация; 1.11.4-Сплоченность; 1.11.5-Текучесть; 1.11.6-Уровень заработной платы; 2.1-Корректировка финансовой информации для целей оценки; 2.1.1-Инфляционная корректировка; 2.1.2-Нормализация; 2.1.3-Трансформация; 2.2-Выявление фактических прибылей, объемов продаж; 2.3-Выявление тенденций; 2.4-Сбор информации о продажах аналогичных предприятий; 2.5-Риски, характерные для подобного бизнеса; 2.6-Риски для анализируемого предприятия; 3.1-Оценка доходным подходом; 3.1.1-Расчет денежных потоков «как есть»; 3.1.2-Расчет поставки дисконтирования; 3.1.3-Расчет текущей стоимости денежных потоков; 3.1.4-Результат оценки доходным подходом; 3.2-Оценка затратным подходом; 3.2.1-Определение рыночной стоимости активов; 3.2.2-Анализ обязательств предприятия; 3.2.3-Результат оценки затратным подходом; 3.3-Оценка сравнительным подходом; 3.3.1-Сравнение с продажами аналогов; 3.3.2-Расчет мультипликаторов; 3.3.3-Результат оценки сравнительным подходом; 3.4-Согласование результатов оценки; 3.5-Внесение итоговых поправок; 5.1-Варианты изменения маркетинговой

стратегии; 5.2-Развитие особо важных направлений деятельности предприятия; 5.3-Поиск внутренних резервов; 5.4-Анализ структуры управления; 5.5-Анализ корпоративной культуры; 5.6-Анализ кадровой политики; 6.1-Разработка вариантов улучшения финансового состояния; 6.2-разработка мер по росту эффективности производства; 6.3-Разработка программ по развитию направлений деятельности предприятия; 6.4-Разработка действенной функционально слаженной структуры управления; 6.5-Разработка мероприятий по повышению корпоративной культуры; 6.6-Совершенствование, кадровой политики; 6.7-Разработка действенной системы поощрения и стимулирования персонала для достижения поставленной цели; 7.1-Анализ комбинирования комплекса мероприятий, направленных на рост стоимости предприятия; 8.1-Анализ вариантов, обеспечивающих максимальный рост стоимости предприятия; 8.2-Анализ соотношения сроков и затрат на реализацию варианта роста стоимости; 9.1-Внедрение инновационного инструментария

В качестве примера внедрения инструментария УФСА в транспортной отрасли можно сослаться на разработку системы функционально-стоимостного управления деятельностью структурных подразделений железнодорожного транспорта [3], и ценностно-ориентированного механизма снижения эффективных издержек [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мамонов, В.И. Влияние транспортного фактора на объемы выпуска продукции/ В.И. Мамонов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№1. -С. 122-125.
- 2 Джурбаев, К.Т. Современные проблемы экономики, организации и управления предприятиями промышленности / К.Т. Джурбаев, В.А. Щербаков, В.А. Анисимов, Н.А. Щербакова и др. -Новосибирск: МАН, 2000. -185 с.
- 3 Щербаков, В.А. Экономический анализ деятельности структурных подразделений железнодорожного транспорта / В.А. Щербаков, К.А. Сережин // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№1. -С. 82-84.
- 4 Трефилова, И.А. Стоимостно-ориентированное исследование эффективности хозяйственной деятельности транспортной компании/ И.А. Трефилова, В.А. Щербаков // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№4. -С. 67-70.
- 5 Щербаков, В.А. Оценка стоимости предприятия (бизнеса). -4-е изд. перераб. и доп. / В.А. Щербаков, Н.А. Щербакова. - М.: Изд-во «Омега-Л», 2012. -315 с.
- 6 Щербаков, В.А. Использование факторного анализа при согласовании результатов оценки бизнеса / В.А. Щербаков, Н.А. Щербакова // Сиб. фин. шк. -2009. -№5. -С. 70-73.
- 7 Щербаков, В.А. Основы управленческого функционально-стоимостного анализа / В.А. Щербаков, И.В. Шаронов, Н.А. Щербакова. -Новосибирск: Изд-во МАН, 1999. -62 с.
- 8 Щербаков, В.А. Методология управленческого функционально-стоимостного анализа для предприятий транспорта / В.А. Щербаков, Е.В. Савельева. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп, 2000. -96 с.
- 9 Трефилова, И.А. Эффективные издержки в концепции ценностно-ориентированного менеджмента / И.А. Трефилова, В.А. Щербаков // Модернизация российской экономики: перспективы, парадигмы, решения: сб. научн. статей. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *система управления предприятием, стоимость предприятия, функционально-стоимостный анализ, ценностно-ориентированное управление, критерии эффективности управления*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Трефилова Ирина Александровна, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ЛОГИСТИКИ

Северо-Западный институт управления - филиал ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»

С.А. Владимир

ON MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE GLOBAL TRANSPORT SYSTEM AND LOGISTICS

North-Western institute of management of the Russian Federation Presidential Academy of National Economy and Public Administration
S.A. Vladimirov

The article based on the experience of developed countries and development of the national transport strategy, proved the main directions of development of the global and domestic transportation system.

Keywords: strategy, transport, competition, innovation, macroeconomics, quality, policy, effectiveness

На основании опыта развитых стран и стратегии развития отечественного транспорта, обоснованы основные направления развития мировой и отечественной транспортной системы.

Транспорт – третья ведущая отрасль материального производства. Без транспорта было бы невозможно преодоление территориального разрыва между производством и потреб-

лением товаров и услуг [1, 3, 4]. Транспорт подразделяют на сухопутный (железнодорожный и автомобильный), водный (морской и речной), воздушный, трубопроводный и электронный (линии электропередачи).

Автомобильный транспорт с середины XX века стал ведущим среди видов сухопутного транспорта. Протяженность его сети растет и достигла в настоящее время 27,8 млн. км, причем около половины приходится на США, Индию, Россию, Японию, Китай. По уровню автомобилизации в мире лидируют США и страны Западной Европы. Автомобильному транспорту принадлежит также первенство в объеме пассажирских перевозок – 82% мирового объема.

Железнодорожный транспорт уступает автомобильному по объему перевозимых грузов (9% мирового объема), но по-прежнему остается важным видом сухопутного транспорта. Мировая железнодорожная сеть в целом сложилась еще в начале XX века, ее протяженность сейчас составляет 13,2 млн. км при значительной неравномерности размещения. Хотя железные дороги имеются в 140 странах мира, более половины их общей длины приходится на «первую десятку стран»: США, Россию, Канаду, Индию, Китай, Австралию, Аргентину, Францию, ФРГ и Бразилию. Особенно по густоте сети выделяются страны Европы. Но наряду с этим имеются огромные пространства, где железнодорожная сеть очень редка или отсутствует.

Трубопроводный транспорт – активно развивается благодаря быстрому росту добычи нефти и природного газа и тому территориальному разрыву, который существует между главными районами их добычи и потребления. Трубопроводный транспорт составляет 11% от объема мирового грузооборота при протяженности сетей – более 2,0 млн. км.

Водный транспорт прежде всего характеризуется выдающейся ролью морского транспорта. На него приходится 62% мирового грузооборота, он также обслуживает около 80% всей международной торговли. Именно благодаря развитию морского транспорта океан уже не разделяет, а соединяет страны и континенты. Общая протяженность морских трасс составляет миллионы километров. Морские суда транспортируют главным образом массовые грузы: нефть, нефтепродукты, уголь, руду, зерно и другие, причем обычно на расстояние 8-10 тыс. км. «Контейнерная революция» на морском транспорте привела к быстрому росту перевозок и так называемых генеральных грузов – готовых изделий и полуфабрикатов. Морские перевозки обеспечиваются морским торговым флотом, общий тоннаж которого превышает 456 млн. т. Первенство в мировом судоходстве принадлежит Атлантическому океану, второе место по размерам морских перевозок занимает Тихий океан, третье – Индийский. Очень большое влияние на географию морского транспорта оказывают международные морские каналы (особенно Суэцкий и Панамский) и морские проливы (Ла-Манш, Гибралтарский и др.).

Внутренний водный транспорт – старейший вид транспорта. Сейчас он занимает по длине сети последнее место в мировой транспортной системе. Развитие и размещение внутреннего водного транспорта в первую очередь связано с природными предпосылками – наличием рек и озер, пригодных для судоходства, Амазонка, Миссисипи, Волга, Обь, Енисей, Янцзы, Конго имеют большую пропускную способность, чем самые мощные железнодорожные магистрали. Но использование этих предпосылок зависит от общего уровня экономического развития. Поэтому по грузообороту внутренних водных путей в мире выделяются США, Россия, Канада, ФРГ, Нидерланды, Бельгия, а также Китай. Большое значение в некоторых странах имеют также судоходство по искусственным путям и озерное судоходство.

Воздушный транспорт. Этот вид наиболее скоростного, но достаточно дорогостоящего транспорта играет важную роль в международных пассажирских перевозках. Его преимущества кроме скорости – качество поставок, географическая мобильность, позволяющая легко расширять и менять трассы. Сеть регулярных авиалиний теперь опоясывает весь земной шар, протягиваясь на миллионы километров. Ее опорные точки – более 5000 аэропортов. Главные воздушные державы мира – США, Россия, Япония, Великобритания, Франция, Канада, ФРГ.

Все пути сообщения, транспортные предприятия и транспортные средства в совокупности образуют мировую транспортную систему. Объем и структура транспортных перевозок, как правило, отражают уровень и структуру экономики, а география транспортной сети и грузопотоков – размещение производительных сил [8]. Количественными показателями транспортной системы являются: протяженность путей сообщения, численность занятых, грузо- и пассажирооборот. Во-первых, это относится к мировой транспортной сети, общая протяжен-

ность которой превышает 50 млн. км. Во-вторых, это относится к транспортным средствам. Достаточно сказать, что перевозки грузов по железным дорогам осуществляют более 210 тыс. локомотивов и миллионы железнодорожных вагонов, по автодорогам – свыше триллиона автомобилей, по морским трассам – более 90 тыс. судов, а по воздушным трассам – более 30 тыс. рейсовых самолетов. Общая грузоподъемность всех перевозочных средств мирового транспорта уже превысила 2,0 млрд. т. В-третьих, это относится к работе транспорта, который ежегодно перевозит свыше 110 млрд. т грузов и более триллиона пассажиров. Численность занятых на транспорте превышает 100 млн. человек (что можно сравнить со всем населением Филиппин).

Основные параметры мировой транспортной системы. Изменение транспортности мирового хозяйства характеризуется известной устойчивостью за послевоенный период: и суммарный грузооборот, и общий пассажирооборот росли примерно такими же темпами (с некоторым отставанием), как и общий валовой продукт, рассчитанный в неизменных ценах. За этот период удельный мировой грузооборот на 1 т произведенной продукции вырос на 1/3, а душевой грузооборот и километрическая подвижность населения выросли в 3,5-4,0 раза. Можно отметить динамизм развития перевозок – объем перевозочной работы вырос более чем в 7 раз, а к 2020 г. вырастет еще в 1,2-1,3 раза. Огромное влияние на развитие всех видов транспорта оказала «контейнерная революция», в результате которой производительность труда на транспорте возросла в 7-12 раз.

В мировом грузообороте резко выделяется морской транспорт, доля которого постепенно возрастала и до сих пор почти не снижается с 52 до 62%. То же можно сказать и о доле в пассажирообороте легкового автомобильного индивидуального транспорта – с 57 до 60%. Происходит интенсивное изменение структуры перевозок между отдельными видами транспорта. Так, в грузообороте соотношение между железнодорожным и его главным конкурентом автомобильным транспортом изменилось с 4:1 до 1,2:1, с последующим ростом превышением доли автотранспорта. Доля трубопроводов выросла с 4,2% до 12,8%. В пассажирообороте воздушный транспорт приблизился к уровню железнодорожного – соответственно 10,0% и 10,2%, а к 2020 г. должен превысить его.

Мировая транспортная система неоднородна, и в ней можно выделить транспортные системы экономически развитых и развивающихся стран, несколько региональных неоднородных транспортных систем: Северной Америки, Зарубежной Европы, стран СНГ, Азии, Латинской Америки, Австралии. Густота транспортной сети, в наибольшей мере характеризующая обеспеченность ею, в большинстве развитых стран составляет 50-60 км на 100 км² территории, а в развивающихся – 5-10 км. В экономически развитых странах сосредоточено более 80% мирового автомобильного парка, в них находится почти 2/3 всех портов мира, выполняется 3/4 мирового грузооборота. Для этой транспортной подсистемы характерен также высокий технический уровень. С момента зарождения транспорт оказывал сильное влияние на окружающую среду. Главным загрязнителем атмосферы является автомобильный транспорт, воздушный транспорт и железнодорожный транспорт, эти виды транспорта создают также «шумовое загрязнение» и требуют больших площадей для сооружения магистралей, заправочных станций, стоянок, вокзалов и т.д. (за исключением воздушного). Водный транспорт главным образом служит источником загрязнения нефтью океанов и внутренних вод.

Особую часть мировой транспортной системы составляют транспортные коридоры и узлы. В систему международных транспортных коридоров входят также экспортные и транзитные магистральные трубопроводы. Создавшиеся в конце прошлого века транспортные коридоры, проходящие через территории нескольких стран, объединяют сразу несколько видов транспорта. Из совокупности маршрутов они превратились в систему управляющих центров перевозок и транспортных узлов, которые постепенно приобрели функции управления тарифной политикой. В узлах, обеспеченных надежными и скоростными транспортными связями – воздушными и морскими контейнерными линиями – создаются крупные специализированные транспортно-распределительные центры международного значения (Париж, Марсель, Франкфурт-на-Майне, Мюнхен и др.).

Научно-техническая революция оказала большое воздействие на «разделение труда» между отдельными видами транспорта. В мировом пассажирообороте внеконкурентное первое место (около 4/5) теперь принадлежит автомобильному транспорту, в мировом грузообороте – морскому транспорту (почти 2/3). Характерным результатом научно-технической революции на мировых транспортных рынках является постоянный рост конкурентоспособ-

ности различных видов транспорта, усиление потенциальной возможности их взаимозаменяемости, развитие интермодальных сообщений. Наиболее острой конкуренции на транспортных рынках подвержены сухопутные виды транспорта – железнодорожный, автомобильный, трубопроводный, а также речной – особенно в тех случаях, когда они обеспечивают доставку грузов до морских портов. Проходящая параллельно с научно-технической революцией монополизация транспортных средств только обостряет конкуренцию.

Воздействие государства на развитие и функционирование транспорта. Транспорт широко используется как орудие региональной политики. В условиях усиления избыточности и противоречивости развития транспорта усиливаются протекционистские и дискриминационные экономические, фискальные и правовые меры государства, направленные на смягчение конкуренции и защиту национальных транспортных компаний [6]. Усиливается использование «своих» транспортных средств для расширения «невидимого» экспорта (перевозки грузов иностранных фрахтователей и т.д.).

Взаимодействие и переплетение этих факторов, вызывает сложное противоречивое развитие всей мировой транспортной системы. С одной стороны, общая тенденция – ускорение транспортного процесса: скоростные железные дороги, контейнерные сообщения, быстроходные специализированные суда, с другой – снижение ходовых скоростей судов, чтобы поглотить избыточность тоннажа, снижение скоростей и на других видах транспорта с целью уменьшения энергозатрат. Противоречивые и взаимодополняющие тенденции – формирование мощных полимагистралей, транспортных коридоров для повышения эффективности транспортного процесса. С другой стороны, дисперсия транспортных потоков, строительство сравнительно мелких высокоспециализированных транспортных средств, контейнеров с четкой «адресностью» назначения, развитие фидерных путей сообщения, обеспечивающих подвоз-развоз [7].

Обостряются противоречия между развитием подвижного состава и постоянных устройств, между линейными и узловыми элементами системы. Возможности портов обычно отстают от перевозок, образуются иерархические системы портов с целью концентрации капиталовложений, в то же время усиливается конкуренция между ними. Возникают диспропорции между портами стран-отправителей и портами стран-получателей. Отсюда – усиление тенденции избежать портовых устройств, организовать бесперегрузочные системы (суда «река-море», баржевозы, паромы, накатные суда и т.д.) [5].

Одна из причин избыточности транспортных мощностей – обострение конкуренции между железнодорожным и автомобильным транспортом (в США затраты у автотранспорта – 60%, тогда как доля в грузообороте – 26%, а доля в энергопотреблении транспорта – 85%). От «перехвата» грузов автомобильным транспортом и от «вторжения» автомобиля в сферу железных дорог экономика США теряет, по некоторым подсчетам, около 2 млрд. долл. в год.

Стоимостные характеристики перевозок любой продукции (транспортный тариф) отражаются непосредственно на ее конечной цене, прибавляются к затратам на производство, влияют на конкурентоспособность продукции и зону ее сбыта. Городской транспорт субсидируется в основном государством, региональными и местными органами власти. Однако их участие в этом различно. В одних странах государственные инвестиции обеспечивают всю сумму единовременных и текущих затрат (Бельгия, Голландия), в других они практически не используются (Канада, Дания, Великобритания).

Эти типичные для современной и перспективной транспортной ситуации тенденции и процессы, тесно взаимодействующие с процессом мирового развития, требуют тщательного исследования на междисциплинарном уровне. Между тем общий уровень изученности мирового транспорта как системы стал снижаться.

Анализ мировых тенденций развития транспорта показывает, что ни одна страна не способна контролировать риски собственной экономики, не имея сильных транспортных позиций. *Мировые тенденции в развитии транспорта свидетельствуют, что закончен период протекции по отношению к видам транспорта и перевозчикам. На современном этапе мировая транспортная система характеризуется большой зависимостью от инновационных технологий и развивается по следующим направлениям:* увеличение пропускной способности транспортных путей, повышение безопасности движения, появление принципиально новых транспортных средств, увеличение вместимости и грузоподъемности транспортных средств, увеличение скорости передвижения, своевременности, ритмичности и экологичности функционирования транспортной системы. Новые требования клиентуры к качеству транспортного обслуживания отодвигают затраты на второй план.

Усилия большинства стран направлены на повышение конкурентоспособности национального транспорта и отказ от системы квот, а также от тарифных и других ограничений. Их заменяет гармонизация транспортного законодательства; рынок транспортных услуг стал усложняться, *все сегменты транспортного процесса и логистики стали интегрироваться*. Как естественный результат - развитие транспортной инфраструктуры нового типа - транспортно-складские и товаротранспортные комплексы, которые образовали объединенную систему взаимодействия; транспортные центры стали управляющими элементами системы, что позволило оптимизировать «сквозные» тарифы.

Это привело к переходу точки прибыльности из процессов физической перевозки в область транспортно-логистических услуг. На этом фоне усиливаются требования к экологичности транспорта. Отсюда стремление поддерживать приемлемую долю транспортной составляющей в цене конечной продукции при соблюдении жестких норм по экологии и безопасности.

В долгосрочной перспективе в странах с рыночной экономикой ожидается дальнейшее развитие НТП на транспорте. Структура сети путей сообщения претерпит существенные изменения. НТП на транспорте позволит существенно улучшить его экономические показатели, повысить качество обслуживания клиентуры и безопасность движения. На транспорте намечаются широкое использование маркетинга, изучение спроса, введение учета потребностей, применение моделирования и т.д. Ожидается освоение на всей сети путей сообщения компьютерной системы Райлинк (соединяющей между собой в настоящее время железные дороги, клиентов и банки) или другой аналогичной ей системы, что позволит включить транспорт в сеть коммерческих обменов.

Существенные изменения произойдут в парке транспортных средств. Их численность несколько возрастет, и заметно увеличится доля прогрессивных видов тяги. Повысится доля специализированного подвижного состава, его грузоподъемность и удельная мощность. Современными учеными и изобретателями разработан инновационный транспорт, поражающий воображение. Представьте, что более чем миллиард автомобилей, которые путешествуют по всему миру и потребляют триллионы долларов в виде материальных ресурсов, топлива и вредных выбросов, работают без выбросов в течение 100 лет только на 8 г топлива каждая! В США разрабатывается новый тип автомобильных двигателей из одного из самых плотных материалов, известных в природе: тория, имеющего огромный потенциал производства тепла путем использования лазерных нанотехнологий.

Безусловно перспективными инновационными транспортными средствами являются дирижабли, подводные круизные и грузовые корабли (особенно для Арктики), струнный транспорт, частные космические аппараты вплоть до туров на Луну и Марс [2].

При переходе к интенсивному, инновационному, социально ориентированному типу развития Россия стремится стать одним из лидеров глобальной экономики, что требует активной позиции государства по созданию условий для социально-экономического развития, прежде всего в целях повышения качества транспортных услуг, снижения совокупных издержек общества, зависящих от транспорта, повышения конкурентоспособности отечественной транспортной системы и качества жизни населения через доступ к безопасным и качественным транспортным услугам, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития транспортной отрасли, превращение географических особенностей России в ее конкурентное преимущество.

Новая редакция Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года утверждена распоряжением Правительства от 11 июня 2014 года №1032-р разработана с учётом Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу, Стратегии развития транспортного машиностроения Российской Федерации в 2007-2010 годах и на период до 2015 года, Стратегии развития авиационной промышленности на период до 2015 года, Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и других отраслевых стратегий в сфере промышленности, энергетики, лесного комплекса и сельского хозяйства, стратегии социально-экономического развития регионов России [3]. Оптимальным уровнем для увязки стратегии развития транспортной системы с региональными приоритетами признан уровень федерального округа.

Цели современной Транспортной стратегии России: формирование единого транс-

портного пространства России на базе транспортно-экономического баланса страны, предусматривающего гармоничное опережающее развитие эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей ускорение движения потоков пассажиров, товародвижения, снижение транспортных издержек в экономике, рост предпринимательской и деловой активности, непосредственно влияющей на качество жизни и уровень социальной активности населения; обеспечение доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг для грузовладельцев в соответствии с потребностями инновационного развития экономики страны; создание необходимых условий для соответствующего уровня общенациональной безопасности и снижения террористических рисков; снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду.

Развитие транспортной инфраструктуры, повышение конкурентоспособности товаров и услуг играет ключевую роль в реализации транспортной стратегии. Необходимо полностью использовать транзитный потенциал, связанный с особым географическим положением страны как естественного транспортного коридора, соединяющего Европейский, Азиатско-Тихоокеанский регионы и Американский континент (прежде всего создание надежного и эффективно действующего механизма перевозок между Европой и Азией по Транссибирскому маршруту, воссоединенному с Транскорейской железной дорогой и железными дорогами Монголии в качестве одного из основных маршрутов доставки контейнеров из Китая в Европу и в перспективе строительство Азиатско-Тихоокеанской железнодорожной магистрали: Сингапур-Бангкок-Пекин-Якутск-туннель под Беринговым проливом-Ванкувер-Сан-Франциско; повышение уровня безопасности транспортной системы; снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду [9].

Наметившаяся за последнее время открытость национального транспортного рынка предъявляет новые требования к уровню конкурентоспособности транспорта. Со всей очевидностью обнаруживаются ограничения, связанные с неразвитостью единой транспортной системы, разногласиями в налоговой, тарифной, инвестиционной политике, что свидетельствует об отсутствии единой транспортной политики, эффективных механизмов ее формирования и реализации [10].

В современной транспортной системе особое место занимает пространственная мобильность населения, которая пока не адекватна не только требованиям инновационного типа экономического роста, но и потребностям рыночной экономики. Исследования показывают, что, в целом, мобильность населения в России существенно ниже, чем в странах с развитой рыночной экономикой. Согласно оценкам, до 1/3 регионов находятся за чертой бедности, население этих регионов не имеет экономических возможностей покинуть эти регионы, что, в частности, может служить объяснением того, почему в России не наблюдается сближения регионов по уровню доходов [11].

Заключение. Транспортная система Российской Федерации является частью мировой транспортной системы. В ближайшие годы в нашей стране могут возникнуть серьезные инфраструктурные ограничения транспортной доступности отдельных регионов и товародвижения в международных и внутренних перевозках. Возможна потеря Россией отдельных перспективных мировых товарных рынков. Транспортная система может стать фактором торможения экономического роста.

Реализация Транспортной стратегии Российской Федерации, координация на основе ее положений действий всех ветвей и уровней власти, бизнеса, различных слоев общества обеспечит наиболее эффективное использование возможностей транспорта в интересах социально-экономического развития России, решения вышеуказанных системных социально-экономических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мишарин, А.С. Транспортная стратегия Российской Федерации: цели и приоритеты / А.С. Мишарин // Инновационный трансп. -2015. -№1(15). -С. 3-7.
- 2 Бондур, В.Г. Космический мониторинг транспортных объектов: уч. пособ. / В.Г. Бондур, Б.А. Левин, И.Н. Розенберг, В.Я. Цветков. -М.: МГУПС, 2015. -72 с.
- 3 Левин, Б.А. Геоинформатика транспорта: монография / Б.А. Левин, В.М. Круглов, С.И. Матвеев, В.А. Коугия, В.Я. Цветков // Межд. журнал эксперимент. образования. -2015. -№3-2. -С. 223.
- 4 Лapidус, Б.М. Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / Б.М. Лapidус и др. -М.: АО «ВНИИЖТ», 2014.
- 5 Барышников, С.О. Алгоритм оптимального планирования работы портовых перегрузочных машин / С.О. Барышников, А.А. Разухина // Морское образование: традиции, реалии и перспективы: материалы научн.-практ. конф. 31 марта 2015 г. -СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2015. -Т.2. -С. 7-14.

- 6 Владимиров, С.А. О безупречном внеидеологическом критерии (индикаторе) макроэкономической эффективности государственного бюджета (ВВП) / С.А. Владимиров // Финансы и кредит. -2006. -№18 (222). -С. 54-60.
- 7 Владимиров, С.А. О сущности и основных направлениях регулирования сбалансированности и эффективности макроэкономических состояний / С.А. Владимиров // Журнал экономической теории. -2010. -№1. -С. 9.
- 8 Владимиров, С.А. Модель сбалансированной макроэкономической системы / С.А. Владимиров // Проблемы теории и практики управления. -2014. -№5. -С. 126-134.
- 9 Владимиров, С.А. Методология оценки и анализа экономической эффективности инвестиционных проектов в строительстве: дисс... докт. экон. наук. -СПб, 2007.
- 10 Владимиров, С.А. О некоторых причинах несбалансированности экономических систем и направлениях налоговой политики / С.А. Владимиров // Налоги. -2010. -№2. -С. 34-42.
- 11 Горбунов, А.А. Транспорт-механизм развития региона / А.А. Горбунов // Обозреватель-Observer. -2014. -№7(294). -С. 78-83.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стратегия, транспорт, конкуренция, инновации, макроэкономика, качество, политика, эффективность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Владимиров Сергей Арсеньевич, докт. экон. наук, профессор Северо-Западный институт управления - филиал ФГБОУ ВПО «РАНХиГС при президенте РФ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 199178, г.Санкт-Петербурга, Средний проспект В.О., 57, 14-линия В.О. 43, Северо-Западный институт управления - филиал ФГБОУ ВПО «РАНХиГС при президенте РФ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕМОНТНО-ЭКИПИРОВОЧНОГО ПАРКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПАССАЖИРСКОЙ СТАНЦИИ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Р.В. Панк

IMPROVING REPAIR-SERVICING PARK PASSENGER RAILWAY STATION

Siberian state transport university
R.V. Pank

Reviewed existing technology of repair and outfitting of the Park. Developed activities that reduce the duration and improve the quality of training of passenger trains in the flight.

Keywords: passenger train, timetable, integrated team, station, cost, processing trains, technology works

Рассмотрена существующая технология работы ремонтно-экипировочного парка. Разработаны мероприятия, позволяющие уменьшить продолжительность и повысить качество подготовки пассажирских составов в рейс.

Техническим обслуживанием и экипировкой пассажирских поездов при подготовке их в рейс занимаются комплексные бригады. От своевременной подготовки пассажирских составов и их перестановки на пути приёмоотправочного парка зависит выполнение графика движения поездов. От хорошей подготовки составов, особенно в период массовых пассажирских перевозок, зависит и качество обслуживания пассажиров. Всё это в значительной мере влияет на конкурентоспособное положение пассажирского железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг.

Подготовка составов в рейс включает в себя: наружную обмывку вагонов, технический осмотр и ремонт ходовых частей, тормозного оборудования, электрооборудования, радиооборудования, приводов генератора, внутреннего оборудования вагонов, внутреннюю уборку вагонов и их экипировку, проверку состава постоянно действующей комиссией (ПДК) и устранение вскрытых ею недостатков. Производится также техническое обслуживание и ремонт пассажирских вагонов в объеме ТО-2 (техническое обслуживание вагонов перед началом летних и зимних перевозок), ТО-3 (единая техническая ревизия основных узлов пассажирских вагонов, которая выполняется через 6 месяцев после постройки, планового ремонта или предыдущей ревизии), а также текущий безотцепочный ремонт вагонов [1].

Наряду с этим в парке выполняется санитарный осмотр, спецобработка (дезинфекция, дезинсекция, дератизация) вагонов, частичная окраска вагонов снаружи и внутри.

Подготовкой пассажирских составов в рейс занимаются комплексные бригады. Для своевременной и качественной подготовки составов бригады должны иметь резерв перерабатывающей способности не менее 20%.

В данной статье рассматривается ремонтно-экипировочный парк на железнодорожной пассажирской станции Новокузнецк. Организация работы станции по подготовке пассажирских составов в рейс выглядит следующим образом.

Оперативное руководство работой по подготовке составов в рейс возложено на заместителя начальника депо по эксплуатации, начальника производственно-технического отдела (ПТО), старшего мастера ПТО через сменных мастеров участка по электрооборудованию вагонов, участка безотцепочного ремонта, участка промывки вагонов и др.

Все операции по техническому обслуживанию пассажирских составов выполняются комплексными бригадами ремонтно-экипировочного парка в соответствии с инструкциями по техническому обслуживанию оборудования пассажирских вагонов магистральных железных дорог, по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава, по эксплуатации тормозов подвижного состава и другой технической документации ОАО «РЖД», касающейся деятельности пунктов технического обслуживания.

Бригады работают в дневную смену с продолжительностью рабочего времени 12 часов.

Примерный состав бригад одной смены по категориям:

– бригада по осмотру и ремонту вагонов: осмотрщик-ремонтник (ОРВ) – 3 чел., слесарь по ремонту ходовой части и тормозного оборудования – 5 чел., слесарь по ремонту электропневматического тормоза – 1 чел.;

– бригада по ремонту внутреннего оборудования вагонов: осмотрщик электрооборудования – 1 чел., слесарь – 5 чел., столяр – 3 чел., маляр – 1 чел., электрогазосварщик – 1 чел.;

– бригада по осмотру и ремонту электрооборудования: аккумуляторщик – 4 чел., радиомеханик – 1 чел., слесарь электрик – 11 чел.

Обмывкой вагонов занимаются 2 бригады по 3 человека.

Технологический процесс подготовки в рейс составов пассажирских поездов своего формирования приведен в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Технологические операции подготовки пассажирских составов

Номер операции	Наименование операции
1	Ограждение состава
2	Сбор использованного белья
3	Внешний осмотр ходовой части, тормозного оборудования, осмотр внутреннего оборудования и электрооборудования
4	Очистка экологически чистых туалетных комплексов
5	Экипировка состава бельем, дровами, водой и углем
6	Снятие ограждения
7	Формирование состава
8	Обмывка наружная
9	Обмывка и экипировка внутренняя
10	Ограждение состава
11	Опробование тормозов
12	Подача в приемоотправочный парк

Анализ фактических затрат времени на технологическую обработку показал, что наблюдается превышение норм времени [3]. Превышение времени колеблется от двух до пяти часов. Однако, это не влияет на своевременную подачу и отправление поездов по расписанию.

Техническое обслуживание составов, следующих по обороту и транзитных поездов выполняется в объеме ТО-1 на путях приемоотправочного парка пассажирской станции. Ремонт внутреннего оборудования и электрооборудования производится согласно заявке начальника поезда.

На основании графика технического обслуживания, экипировки пассажирских составов определены коэффициенты загрузки осмотрщиков-ремонтников вагонов и слесарей по ремонту подвижного состава (ходовые части вагонов, тормозное оборудование, автосцепные устройства), осмотрщиков-ремонтников и слесарей по ремонту внутреннего оборудования, электрооборудования (таблица 2).

Из расчетов следует, что ОРВ участка по ремонту подвижного состава, по внутреннему оборудованию, электрооборудованию загружены в среднем на 64%. Коэффициент загрузки слесарей достаточно велик - 0,87. Причём, кроме выполнения ТО-1 слесари производят работы по ТО-2. Такая загрузка не обеспечивает резерва перерабатывающей способности бригад в случае опоздания пассажирских поездов. Резерв перерабатывающей способности должен быть не менее 20%.

Таблица 2 – Фактическая занятость работников по участкам

Наименование участка		Коэффициент загрузки
Участок ремонта ходовых частей вагонов, тормозного оборудования, автосцепных устройств	ОРВ	0,66
	слесарь	0,87
Участок ремонта внутреннего оборудования	ОРВ	0,63
	слесарь	0,87
Участок ремонта электрооборудования	ОРВ	0,63
	слесарь	0,87

В настоящее время идет сокращение осмотрщиков-ремонтников каждого производственного участка. Для уменьшения времени на обработку составов, загрузки слесарей комплексных бригад предлагается совместить профессии ОРВ и слесарей. Это возможно согласно нормам оперативного времени на техническое обслуживание цельнометаллических пассажирских вагонов.

При резерве перерабатывающей способности ОРВ 20%, возможно привлечь их в порядке совмещения профессий на 16% от рабочего времени 11 часов, то есть 1,76 часа. Время на ремонт для каждого поезда сократится в четный день на 21 минуту, в нечетный на 26 минут.

В настоящее время на станции обмывку пассажирских вагонов возможно производить только в период с 1 мая по 15 октября. Используется вагонмоечная машина открытого типа Т557. Особо загрязненные вагоны мойщики-уборщики домывают вручную с применением моющих растворов. В остальное время года обмывка кузовов вагонов производится вручную на открытых путях ремонтно-экипировочного парка.

Предлагается установить вагонмоечный комплекс RBR 6000 фирмы Kärcher. В отличие от устаревшей моечной машины сезонного действия новый комплекс предназначен для круглогодичной обмывки вагонов и может производить обмывку до 110 вагонов в сутки. Он позволит повысить качество мойки, снизить энерго- и водопотребление, увеличить долговечность лакокрасочных покрытий, обеспечить соблюдение санитарного состояния и эстетического вида.

Для определения срока окупаемости построен график чистого дисконтированного дохода в течение 15 лет эксплуатации, представленный на рисунке.

Срок окупаемости капитальных вложений составит примерно шесть лет.

Таким образом, предложенные мероприятия позволят сократить продолжительность обработки составов пассажирских поездов своего формирования, сократить загрузку работников комплексных бригад по подготовке составов в рейс, уменьшить влияние опозданий поездов, их возможного сгущенного прибытия на выполнение графика движения поездов.

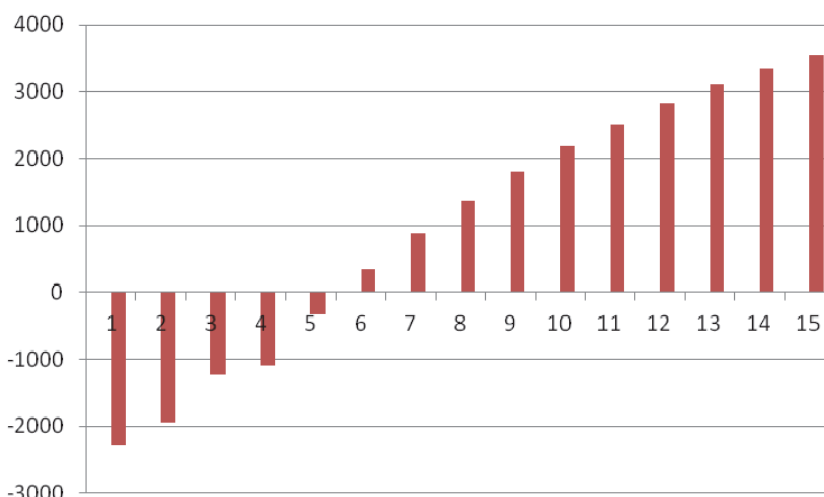


Рисунок – Чистый дисконтированный доход

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авдовский, А.А. Организация железнодорожных пассажирских перевозок / А.А. Авдовский, А.С. Бадаев, К.А. Белов и др. -М.: Издательский центр «Академия», 2013. -256 с.
- 2 Типовой технологический процесс работы пассажирской станции. -М., 2008. -212 с.
- 3 Нормативы для составления графика движения пассажирских поездов: утв. ОАО "РЖД" 17.10.2006 №2086р. -М., 2006. - 109 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *пассажирский поезд, график движения, комплексные бригады, станция, расходы, обработка составов, технология работы*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Панк Римма Вячеславовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНПОТОКОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ГРУЗОРАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения»

Сибирское управление государственного железнодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта

А.Г. Котенко, И.В. Дмитренко

ASSESSMENT OF IMPACT OF A RAIL WAGON TRAFFIC VOLUME DIRECTION ON A LOCATION OF FREIGHT OPERATION POINTS OF RAILWAY TRANSPORTATION IN RUSSIA

Petersburg state transport university

Siberian Administration for the State Railway Supervision of the Federal service in the sphere of transportation

A.G. Kotenko, I.V. Dmitrenko

Issues of assessment of impact of a rail wagon traffic volume nature on a location of freight operation points on the railway network of the country where an empty direction is changing into a laden one are considered. When we take into account freight operation points it permits to get high economic performances to ensure sustainability of railway transport operation.

Keywords: rail wagon traffic volume, unloading, freight operation point, main line, carriage, loading, train, station, transport, coal

Рассмотрены вопросы оценки влияния характера вагонопотоков на место расположения грузораздельных пунктов на сети железных дорог страны, где по ходу движения порожнее направление меняется на груженое. Учет грузораздельных пунктов позволяет достичь высоких экономических показателей в обеспечении устойчивой работы железнодорожного транспорта.

Для сети железных дорог большой страны, на рациональный порядок управления пропуском поездов по магистральным линиям, степень усиления технического оснащения отдельных участков дорог значительное влияние оказывает наличие грузораздельных пунктов.

Грузораздельный пункт – это группа станций, размещенных компактно на сети железных дорог, где по ходу движения от одной границы страны через центральную её географическую часть до другой границы: с запада на восток или обратно, порожнее направление меняется на груженое. Меры по управлению движением поездов и регулирования погрузки по назначениям, используемые для грузораздельного пункта, отличаются от других станций и участков сети железных дорог страны [1, 3, 4].

Для России с её огромными сырьевыми ресурсами в центральном географическом центре территории страны имеет место повышенный объем погрузки, значительно превышающий размеры выгрузки вагонов в целом. Это требует ежедневной подсылки в данный район до пяти тысяч порожних вагонов.

В районе Западной и Восточной Сибири расположена преимущественно добывающая промышленность. Однако, плотность населения, даже в южной наиболее развитой части Сибири, оказывается значительно ниже, чем в европейской части России. Поэтому здесь объемы погрузки вагонов значительно превышают размеры их выгрузки. Сырье, руда, строительные материалы, и в первую очередь уголь, с данной местности перевозятся в районы с большей плотностью населения, где осуществляется переработка данного сырья и требуется много топлива.

С течением времени характер наличия груженых и порожних вагонопотоков оказывается в большей мере зависит от структуры и характера технологии работы предприятий и в последние годы значительно изменился с совершенствованием техники и технологии производства хозяйства страны.

В свою очередь, в различные периоды истории и наличия международной обстановки экономические и хозяйственные взаимоотношения между странами мира значительно менялись. Рост объемов торговли как между странами мира, так и между различными частями страны, в отдельные периоды сменялся его спадом. В истории Советского Союза, а на современном этапе на территории стран СНГ, были следующие основные периоды изменения направления следования потоков груженых и порожних вагонов:

1 Во времена Советского Союза была единая система хозяйствования. Нерациональные с позиций работы транспорта встречные, а также излишне дальние перевозки грузов

практически полностью отсутствовали.

2 Для России был период распада Советского Союза на ряд суверенных государств, который происходил в 90-е годы 20-го столетия.

3 На современном этапе, начиная с 2014 года, вследствие изменения международной обстановки оказался период сокращения размеров торговли России со странами Западной Европы. При этом произошло значительное увеличение размеров экономических связей России между быстро развивающимися странами Восточной Азии и прежде всего с Китаем. Однако во все периоды для России в случае движения из центра страны за границу грузе-ный вагонопоток преобладал над порожним.

В начальный момент сравнения в советский период каждая область или район, исходили из общих интересов, обеспечивающих как развитие окраин, так и функционирование экономики с учетом минимальных суммарных затрат. В тот период ограничивались как встречные, так и нерациональные перевозки с позиций работы транспорта. Поэтому поток грузов и прежде всего сырья, происходил с пунктов основного избытка топлива и других массовых грузов в пункты их недостатка.

В период социалистического планирования основной избыток груженых вагонов находился в районе Сибири. Груженные вагонопотоки с этого большого района следовали как на запад, так и на восток. Большая часть грузопотоков сейчас следует на Дальний Восток, а также и за границу: в Китай, Монголию, Японию и др.

Значительная часть вагонов из-за границы в нашу страну возвращается в порожнем состоянии.

Общее количество прибывающих порожних вагонов для грузораздельного пункта будет равно

$$\sum n_{пор}^{приб} = n_{пор}^{чет} + n_{пор}^{неч}, \quad (1)$$

где $n_{пор}^{чет}$, $n_{пор}^{неч}$ – количество прибывающих на грузораздельный пункт порожних вагонов с четного и нечетного направлений.

Для грузораздельного пункта груженные и порожние вагонопотоки по направлению отличаются от всех остальных участков сети железных дорог страны.

Так, на всех станциях сети железных дорог страны в одном из направлений весь вагонопоток является груженым, а в обратном порожнем направлении значительная часть вагонов следует в порожнем состоянии. Для каждой из станций порожний вагонопоток прибывает и отправляется в одном из направлений. По отдельным станциям сети в случае значительной погрузки отправляемый поток порожних вагонов оказывается меньше, чем поступает по станциям, с учетом наличия вагонов в транзитных поездах.

Для различных частей страны, с учетом наличия грузораздельного пункта, вагонопотоки характеризуются определенными особенностями. Для западных районов страны, особенно находящиеся в европейской части России, выгрузка преобладает над погрузкой. Зарождающийся поток порожних вагонов в этой части страны возвращается обратно на восток (рисунок 1).

Для каждой из станций в европейской части страны порожние вагоны, как из-под собственной выгрузки, так и следующие с транзитными грузовыми поездами, прибывают и отправляются по магистральной линии. Поток порожних вагонов в этом случае движется в одном восточном направлении. Часть потока порожних вагонов поступает также из-за границы.

Совершенно иное положение имеет место для станций, расположенных в восточной части нашей страны по магистральным железнодорожным линиям. Здесь порожний вагонопоток, образующийся из-под выгрузки, возвращается обратно в западном направлении. Для каждой из этих станций порожний вагонопоток как поступает, так и отправляется по станции с востока на запад, в том числе и в транзитных поездах с гружеными вагонами (рисунок 2).

В настоящее время с районов Дальнего Востока значительный избыток или поток порожних вагонов следует в западном направлении и поступает под погрузку в районы Сибири.

Свершено иное положение имеется для ограниченного количества станций грузораздельного пункта, где имеется повышенный объем погрузки. Для данных станций пункта избыточный парк порожних вагонов поступает под погрузку, как с запада, так и с востока. В то же время, груженный вагонопоток следует с данных станций во все направления: как на запад, так и на восток (рисунок 3).

Для данного грузораздельного пункта по ходу движения с запада на восток и обратно,

порожнее направление меняется на груженое.

Такое изменение направления следования порожних вагонов или структуре вагонопотоков окажет значительное влияние на возможность в управлении вагонопотоками в целом по сети железных дорог страны. Так, регулированием погрузки в зависимости от эксплуатационной обстановки возможно будет в наибольшей степени и в быстрые сроки обеспечивать равномерное размещение парка вагонов на сети железных дорог страны. Этим возможно будет достигать значительного улучшения эксплуатационной обстановки в случае регулирования погрузки по направлениям, с учетом наличия в стране грузораздельного пункта.

На сети железных дорог периодически возникают длительные сбои в движении из-за появления повышенного парка вагонов. Так наиболее часто затруднения в пропуске поездов происходили из-за несвоевременного приема поездов Дальневосточной железной дорогой. В таких случаях регулированием погрузки по назначениям для станций сети железных дорог страны: ограничением погрузки в сторону сбоев и её увеличением в обратном направлении возможно в быстрые сроки обеспечивать равномерное размещение парка вагонов на сети железных дорог. Этим возможно достичь устойчивости в пропуске поездов в целом по всем магистральным линиям страны.

Эффективность регулирования погрузки по назначениям за счет достижения быстроты обеспечения равномерного размещения парка вагонов зависит от пункта нахождения станций погрузки на сети железных дорог страны. При регулировании погрузки по назначениям необходимо, чтобы погруженные вагоны в быстрые сроки удалялись в сторону, противоположную сбоем в движении.

Скорость удаления погруженных вагонов в грузовом направлении от мест нахождения сбоев в движении устанавливалась для пунктов погрузки, расположенных в различных частях страны.

$$V_{удал} = \frac{\ell_{эп}}{Q_{эп}}, \quad (2)$$

где $\ell_{эп}$ – дальность следования погруженных вагонов, км;

$Q_{эп}$ – время нахождения данных вагонов до следующего погрузки.

Продолжительность нахождения погруженного вагона в грузовом направлении: от времени начала погрузки в пункте отправления до момента его выгрузки на станции назначения, будет равно

$$Q_{эп} = t_n + t_g + \frac{\ell_{эп}}{V_{уч}} + \frac{\ell_{эп} t_{уч}}{\ell_{уч}} + \Delta t_{сop}, \quad (3)$$

где t_n, t_g – простой вагона в пунктах погрузки и выгрузки;

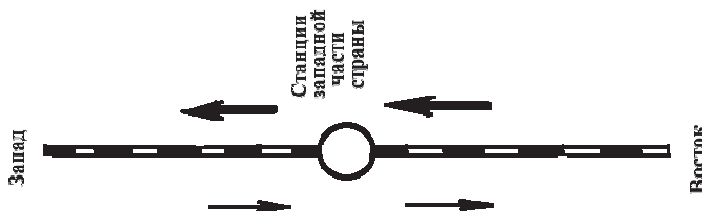


Рисунок 1 – Грузовые и порожние вагонопотоки в европейской западной части страны: ← -грузовые вагонопотоки; → -порожние вагонопотоки

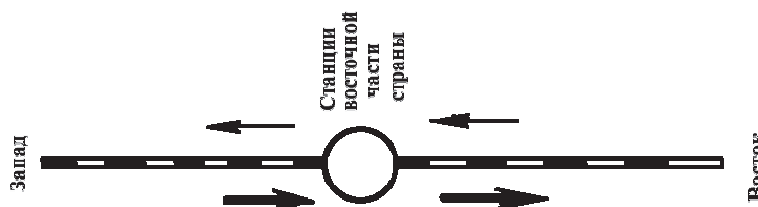


Рисунок 2 – Схема вагонопотоков в восточной части страны: ← -грузовые вагонопотоки; → -порожние вагонопотоки



Рисунок 3 – Схема вагонопотоков по грузораздельному пункту: ← -грузовые вагонопотоки; → -порожние вагонопотоки

- $V_{уч}$ – средняя участковая скорость движения поездов по магистральной железнодорожной линии;
- $\ell_{эп}$ – протяженность груженого рейса, км;
- $t_{уч}$ – средний простой груженого транзитного поезда по участковой станции;
- $\ell_{уч}$ – среднее расстояние между участковыми станциями, км;
- $\Delta t_{сор}$ – дополнительный простой вагонов по сортировочной станции в случае возможной переработки на сортировочной станции.

Характер изменения показателей в потоке вагонов для различных показателей приведен в таблице.

Таблица – Показатели использования вагонов при регулировании погрузки по назначениям (при $V_{уч} = 40$ км/ч; $t_{уч} = 2$ ч; $\ell_{уч} = 200$ км)

Показатели использования вагонов, ч	Дальность следования погруженных вагонов, км					
	500	1000	2000	3000	5 000	10 000*
Время в движении, ч	12,5	25	50	75	125	250
Время под погрузкой, ч	24	24	24	24	24	24
Время под выгрузкой, ч	24	24	24	24	24	24
На сортировочной станции, ч	8	8	8	8	8	8
На участковой станции, ч	5	10	20	30	50	100
Всего в пути следования, ч	73,5	91	126	161	231	406
Скорость удаления вагона от пункта сбоя в движении, км/сут	68	110	160	186	214	250

*-грузораздельный пункт

Для грузораздельного пункта погруженные вагоны могут следовать в грузовом направлении как на запад, так и на восток на большие расстояния. Поэтому грузораздельный пункт является самым важным пунктом на сети железных дорог в регулировании погрузки по назначениям, с целью обеспечения устойчивости в движении поездов на сети железных дорог страны.

Для станций всей сети железных дорог по ходу движения: как на запад, так и на восток порожние вагоны следуют только в одном направлении. В европейской части страны поток порожних вагонов следует на восток. В восточных районах страны поток порожних вагонов следует обратно на запад.

Общий характер направления следования груженых и порожних вагонопотоков в связях с зарубежными странами, для современных условий функционирования железнодорожного транспорта представлен на рисунке 4.

Во времена существования Советского Союза был единый порядок обеспечения энергетическими ресурсами предприятий и населения как всей большой своей страны, так и отдельных союзных республик. В стране наибольший избыток энергетических ресурсов имели восточные районы страны, расположенные преимущественно в Западной и Восточной Сибири. Из этого огромного региона энергетические ресурсы следовали за границу для государств, расположенных как в Западной, так и в Восточной части Советского Союза.

В остальной части большой страны имелись также крупные месторождения полезных ископаемых, угля. Однако в тот начальный период сравнения при советской власти они как бы дополняли Сибирскую погрузку, а с этих пунктов месторождений полезных ископаемых поток угля и других массовых тяжеловесных грузов направлялся в сторону границы [2, 5-7].

В прошлом в стране был единый централизованный пункт основного избытка топлива, который расположен в Сибири. Другие значительные пункты избытка топлива, расположенные, например в Карагандинском угольном бассейне, являлись как бы вспомогательными. Уголь с этих месторождений обеспечивал преимущественно собственные нужды, особенно для организации функционирования металлургических заводов и местных электростанций.

Избыточный поток угля в тот период направлялся в южном направлении в Казахстан, а также в республики Средней Азии.

В период функционирования Советского Союза имела место большая величина торговых связей со странами Западной Европы. Поэтому в прошлом в течение длительного периода времени значительный избыток груженых вагонов из Сибири направлялся в Европейскую часть страны. В тот период в Европе было широко развито производство отраслей, по-

требляющих много топлива. Поэтому грузораздельный пункт в тот период находился между Тайшетом и Красноярском на Восточносибирской дороге. Основным пунктом подсылки порожних вагонов находился на станции Заозерная, где расположено крупное месторождение угля. Значительная часть избытка грузов в тот период из Сибири направлялась как в европейскую часть страны, так и за границу на запад в развитые страны Западной Европы.

Коренные изменения в характере работы промышленности и сельского хозяйства, в структуре и величине грузеных вагонопотоков произошли в последние два десятилетия в связи с разделением Советского Союза на ряд суверенных государств.

Так, в годы советской власти значительные потоки грузов и пассажиров имели место с севера на юг. Для большой страны такая организация функционирования хозяйства страны, как бы дополняла достоинства одних частей недостатками других районов страны. Так, избыток леса и твердого топлива из районов Сибири направлялся в районы Средней Азии. В то же время, в обратном направлении везли теплолюбивые культуры.

После разделения Советского Союза на ряд самостоятельных государств резко сократились экономические и хозяйственные связи между бывшими союзными республиками, теперь ставших самостоятельными государствами. Отдельные государства сами стали удовлетворять свои потребности в энергетических ресурсах. При этом Казахстан стал самостоятельно обеспечивать себя энергетическими ресурсами. Из Караганды уголь стал перевозиться во всех направлениях: на юг, север, запад и восток. При этом образовались дополнительный грузораздельный пункт в Караганде (рисунок 5).

В последние годы положение с международными экономическими связями и торговлей постепенно изменялось. Уголь в западную Европу во многом заменили газом. Сократились размеры торговли со странами Западной Европы. В то же время, возросли потоки грузов в Китай, Монголию и другие страны Восточной Азии.

В изменившихся обстоятельствах большая часть погрузки с районов Сибири, Забайка-

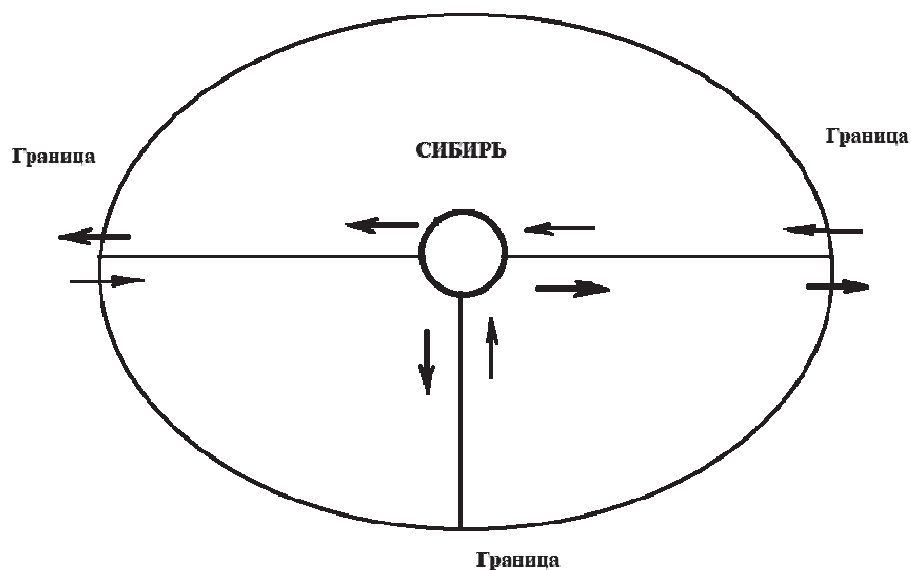


Рисунок 4 – Направление грузопотоков России с зарубежными странами мира: ← -грузеные вагонопотоки; → -порожние вагонопотоки

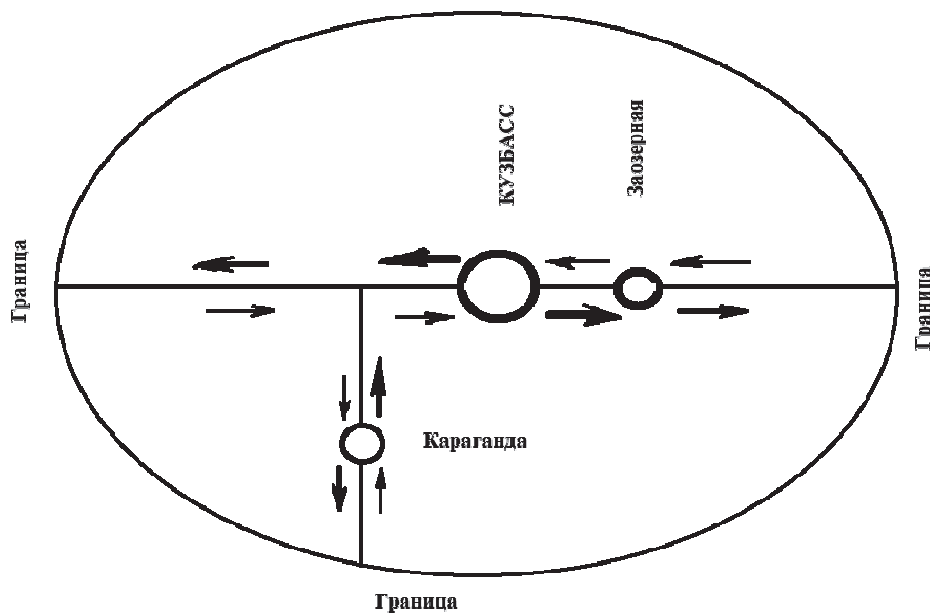


Рисунок 5 – Характер грузопотоков в настоящее время при наличии грузораздельных пунктов на континенте: ← -грузеные вагонопотоки; → -порожние вагонопотоки

ля и Дальнего Востока стали направлять в восточном направлении на экспорт в быстро развивающиеся страны Восточной Азии, и прежде всего, в Китай. Для топливных грузов с большей части восточных районов изменилось направление следования погруженных вагонов с западного на восточное направление. Поэтому грузораздельный пункт в последние годы сместился в Кузбасс, где в Кемеровской области имеется большой объем погрузки и где стал находиться новый грузораздельный пункт (рисунок 5).

Данный анализ показывает, что грузораздельный пункт значительно менял свое месторасположение в последние 20 лет и со станции Заозерная сместился в Кузбасс на расстояние примерно в 800 км. В настоящее время по Мариинску ежедневно передается несколько порожних составов под погрузку угля в Кузбасс.

Выше приведенный анализ также показывает, что по характеру движения порожних вагонов под погрузку, а также по наличию места расположения грузораздельного пункта на сети железных дорог России возможно будет судить о характере международной обстановки и порядке взаимоотношений между государствами мира. Перемена места расположения грузораздельного пункта из Заозерной в Кузбасс показывает ослабление экономических и торговых связей России со странами Западной Европы и увеличение размеров торговли со странами Восточной Азии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аксененко, Н.Е. Перспективы развития транспорта при переходе к рынку / Н.Е. Аксененко, А.В. Дмитренко, И.А. Милованов, В.Н. Поздеев // Ж.-д. трансп. -1993. -№2. -С. 37-42.
- 2 Грошев, Г.М. Повышение надежности информационных технологий пропуска поездов на станциях смены видов тяги и родов тока транспортных коридоров / Г.М. Грошев, А.Г. Котенко, А.Р. Норбоев // Интеллектуальные системы на транспорте: мат-лы 3-й МНПК «Интеллект Транс-2013». -М.: Издательство «Перо», 2013. -С. 218-223.
- 3 Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Грунтов и др. -М.: Транспорт, 1994. -544 с.
- 4 Дмитренко, А.В. Как развивать железнодорожный транспорт на перспективу / Дмитренко А.В. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. -Иркутск: ИрГУПС, 2010. -№17. -С. 229-240.
- 5 Макарошкин, А.М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог / А.М. Макарошкин, Ю.В. Дьяков. -М.: Транспорт, 1981. -287 с.
- 6 Лемешко, В.Г. О переходе на технологию организации движения грузовых поездов по расписанию/ В.Г. Лемешко, В.А. Шаров // Ж.-д. трансп. -2010. -№11. -С. 12-20.
- 7 Прошкина, Е.С. Железные дороги США: состояние, показатели работы, перевозочный потенциал / Е.С. Прошкина, Ф.С. Курбатов // Вестник транспорта. -2010. -№12. -С. 21-29.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *вагонопотоки, выгрузка, грузораздельный пункт, магистраль, перевозка, погрузка, поезд, станция, транспорт, уголь*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Котенко Алексей Геннадьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ПГУПС»
Дмитренко Ирина Вячеславовна, главный инспектор Сибирское УГЖДН Федеральной службы по надзору в сфере транспорта*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *190031, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, 9, ФГБОУ ВПО «ПГУПС»
630132, г. Новосибирск, ул. Омская, 86а, Сибирское УГЖДН Федеральной службы по надзору в сфере транспорта*

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ НЕФТЕНАЛИВНОГО ФЛОТА В ОБСКОМ И ОБЬ-ИРТЫШСКОМ БАСЕЙНЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.А. Березовский

ANALYSIS STRUCTURE OF OIL-LOADING FLEET IN THE OB AND OB-IRTYSH BASIN
Siberian state university of water transport
A.A. Berезovskiy

Provides information on the composition oil-loading fleet in borders of activity of the West Siberian and Ob-Irtysh branch of the Russian River Register, show the distribution of dependency of the fleet on projects, lifting industry, category navigation, accessories companies, compliance with the technical regulations, the conclusions about the need to develop new technical solutions to the satisfying of new technical regulations.

Keywords: composition oil-loading fleet, compliance with the technical regulations

Предоставлена информация о составе нефтенеаливного флота в границах деятельности Западно-Сибирского и Обь-Иртышского филиалов Российского Речного Регистра, показано распределение флота по проектам, грузоподъемности, разряду плавания, принадлежности к компаниям, соответствие техническому регламенту, сделаны выводы о необходимости разработки новых технических решений на удовлетворение новому техническому регламенту.

Географические районы эксплуатации рассматриваемого нами речного флота включают в себя реки Обь и Иртыш с притоками и боковыми реками. С точки зрения транспортной доступности территориальной особенностью Уральского и Западно-Сибирского федеральных округов является развитая сеть рек, озер и других водных преград, при малоразвитой дорожной инфраструктуре. Но в первую очередь данные регионы богаты нефтегазовыми месторождениями, расположенными, как правило, в труднодоступных местах. Для освоения месторождений уже с 60-х гг. прошлого века появилась огромная потребность в речном флоте различного назначения. Флот использовался для перевозки буровой техники, различных строительных и расходных материалов, запчастей, жилых вагонов, труб, топлива и многого другого, для выполнения погрузо-разгрузочных работ, перевозки бригад рабочих, для выполнения дноуглубительных работ и т.д. Огромное значение имела и работа нефтеналивного флота, основными задачами которого являлось транспортировка и хранение нефтепродуктов. В зависимости от различных условий и районов эксплуатации, рода перевозимого груза, и многих других факторов в период 1960-80 гг. было построено и введено в эксплуатацию большое многообразие самоходного и несамоходного нефтеналивного флота различного конструктивного исполнения. В связи с введением технического регламента (ТР) [1] встал вопрос о соответствии ему существующего нефтеналивного флота. Применительно только к судам поднадзорным Западно-Сибирскому филиалу Российского Речного Регистра (РРР) этот вопрос рассмотрен в статье [2]. В связи с вступлением в силу постановления Правительства Российской Федерации от 30.04.2015 г. №426 «О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. №623» [3], эксплуатация нефтеналивных судов грузоподъемностью 200 т и более без двойного дна и двойных бортов, простирающихся по все длине и высоте грузовых танков, будет запрещена после 1 января 2018 г. После введения в действие скорректированного варианта ТР представилось целесообразным вновь рассмотреть структуру нефтеналивного флота с оценкой соответствия его уже [3], при этом добавив в рассмотрение суда поднадзорные Обь-Иртышскому филиалу РРР.

На сегодняшний день, доля нефтеналивного флота составляет 5,8% (307 единиц) от 5222 единиц общего количества флота состоящего на классификационном учете Западно-Сибирского и Обь-Иртышского филиалов Российского Речного Регистра.

С развитием дорожной инфраструктуры и строительством большого количества нефтепроводов, потребность в речном флоте в целом снизилась более чем на 70% по сравнению с периодом 1970-1980 гг. Большинство не востребовавшего флота было списано и порезано на металлолом, оставшаяся часть находится на холодном отстое. Ежегодно прослеживается динамика снятия судов с классификационного учета в РРР. Из рисунка 1 видна динамика снятия судов с учета РРР за период 2000-2015 гг. количество нефтеналивного флота с 2000 г. сократилось на 45%.

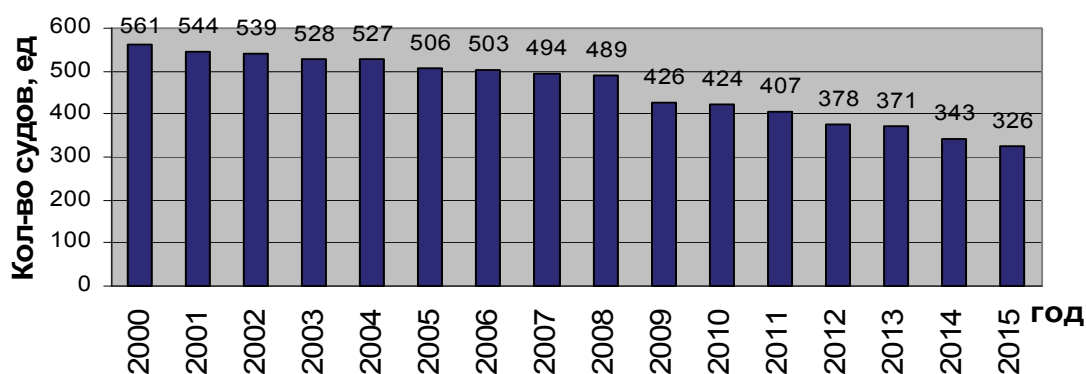


Рисунок 1 – Динамика изменения количества нефтеналивных судов состоящих на классификационном учете РРР

Из всего стоящего на классификационном учете в РРР нефтеналивного флота (307 ед.) эксплуатируется в настоящее время – 190 ед., что составляет 62% от всего состава танкерного флота. Причиной такого показателя в большей части является невостребованность имеющегося у судовладельцев нефтеналивного флота, в остальных случаях суда находятся на ремонте либо модернизации (переоборудовании, обновлении).

Далее проведем анализ эксплуатирующегося нефтеналивного флота в границах дея-

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

тельности Западно-Сибирского и Обь-Иртышского филиалов РРР.

В таблице 1 представлена информация по проектам, их грузоподъемности, району плавания. Кроме того в таблице 1 приведены данные по значению общей грузоподъемности эксплуатирующихся в настоящее время судов по отдельным разрядам плавания.

Таблица 1 – Информация по району плавания, проектам, количеству и грузоподъемности

Разряд плавания	Проект	Количество	Грузоподъемность, т	Суммарная грузоподъемность, т
М-СП-3,5	81540	2	1300	50795
	М16802	7	2385	
	Р-77	15	2100	
М-3,0	375	3	1300	8700
	866М	8	600	
М-ПР-2,5	81108	3	713	4181
	16802	15	2490	
	Фин-1000	4	1000	
О 2,0	866	8	600	8206
	81371	1	937	
	14891	1	703	
	В-016	2	708	
Р 1,2	183БМ	8	200	41759
	2.369	1	500	
	248	1	200	
	262	2	1000	
	238Б	1	123	
	334	2	250	
	432	1	2000	
	459Н	1	2050	
	562Д	1	800	
	6.942А	1	1000	
	609	1	1342	
	6119	1	120	
	645	1	250	
	795	2	150	
	81210	2	220	
	81212	2	200	
	81216Р	2	503	
	81219	2	910	
	81219Н	4	910	
	81462	3	230	
	81463	4	260	
	944А	4	350	
	944	3	400	
Р-16К	8	550		
Р-56	1	2038		
Р-63	25	300		
Т-77	34	100		
01	1	350		

Информация, полученная от крупных судовладельцев, эксплуатирующих нефтеналивной флот, подтверждает сведения, представленные в таблице 1, а именно:

– Перевозки нефтепродуктов в большей степени осуществляются в бассейны разрядов «М-ПР» и «М-СП». В связи с чем, с целью экономической целесообразности, на этих направлениях эксплуатируется крупнотоннажный флот повышенного разряда плавания. Это суда проектов: Р-77 (самоходные танкеры типа «Ленанефть»), М16802 (несамоходные нефтеналивные баржи с двумя вкладными горизонтальными емкостями), 866М (самоходные суда типа «ТН»), 81540 (несамоходные нефтеналивные суда), 375 (самоходные танкеры).

– Небольшая часть грузопотока осуществляется в бассейны разряда «О» и «М». На этих линиях, как правило, эксплуатируется среднетонажный самоходный и несамоходный нефтеналивной флот.

– Остальная часть нефтеналивного флота эксплуатируется в бассейнах разряда «Р».

Это, в первую очередь, перевозки нефтепродуктов в отдаленные населенные пункты на боковых реках и подвоз топлива к бункербазам. Далее, это собственно сами бункербазы. Ну и в третьих, это использование нефтеналивных барж мелкого тоннажа как топливозапасника. В бассейнах разряда «Р», преимущественно эксплуатируются мелкотоннажные (100-200 т) и среднетоннажные (200-1000 т) суда.

Для представления картины соответствия техническому регламенту – на рисунке 2 представлена информация по проектам судов, попадающим под действие данных требований (то есть грузоподъемностью выше 200 т).

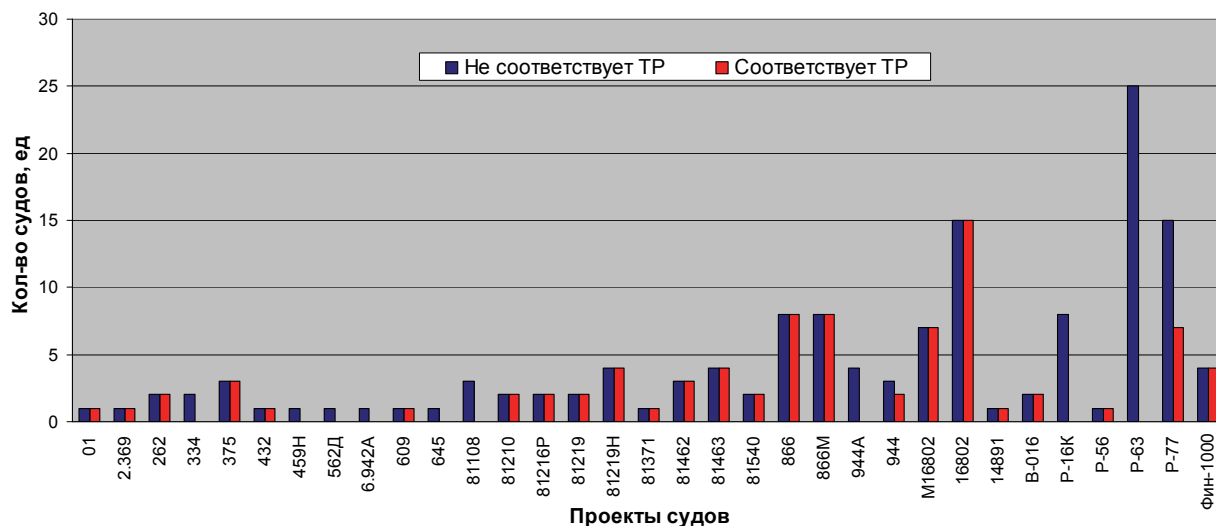


Рисунок 2 – Информация о соответствии требованиям технического регламента проектов нефтеналивных судов

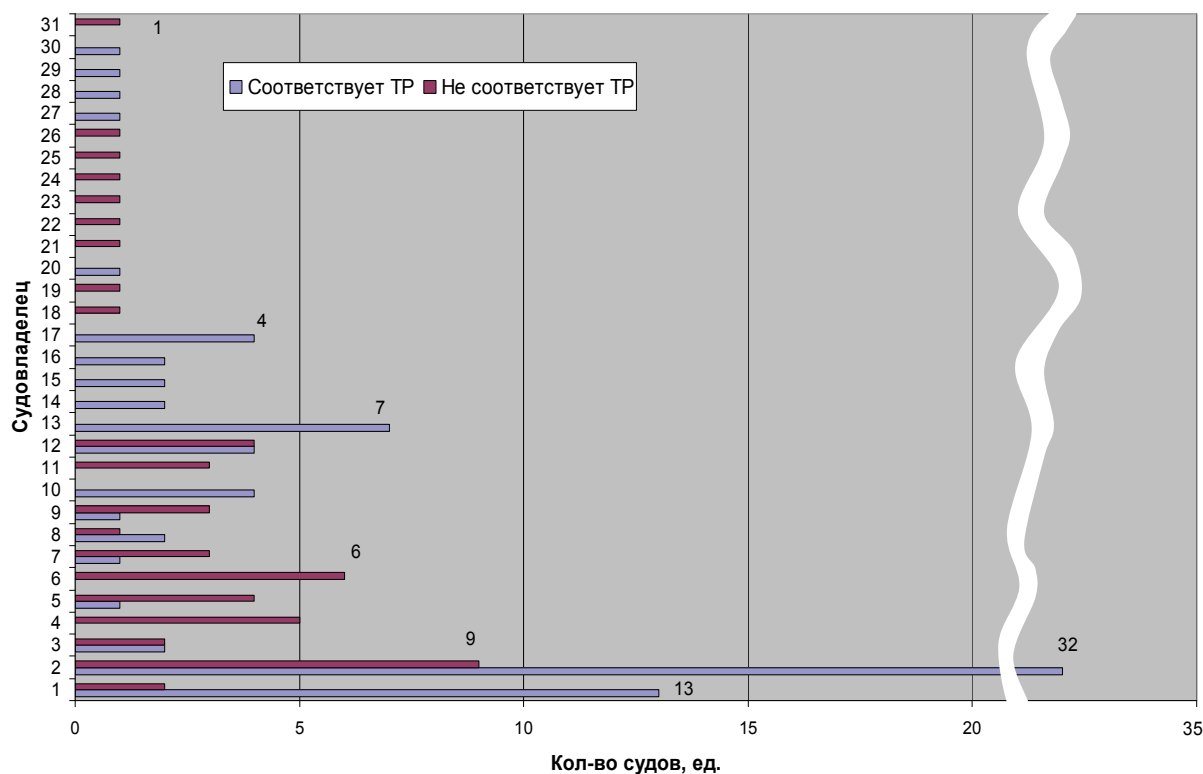


Рисунок 3 – Принадлежность нефтеналивных судов судовладельцам

Всего 51 нефтеналивное судно из 82 соответствует требованиям технического регламента. Итоговые сведения, позволяют заключить, что доля нефтеналивного флота (из числа эксплуатирующегося в настоящее время), которая не соответствует требованиям ТР, составляет 38%. Таким образом, судовладельцы, в отношении судов не соответствующих тре-

бованиям п.108 ТР, будут вынуждены произвести модернизацию своего флота либо заменить на другие суда (с двойными бортами и двойным дном, либо вкладными цистернами).

На рисунке 3 отражены сведения о принадлежности нефтеналивных судов, попадающих под требование ТР (то есть грузоподъемностью более 200 т) судовладельцам Обского и Обь-Иртышского бассейна внутренних водных путей. По ряду объективных причин на данном рисунке судовладельцы указаны цифрами 1,2,3 ... 31.

Очевидно, что основная часть компаний столкнулась с проблемой приведения флота в соответствие с ТР. Данная информация является отправной точкой для разработки конкретных предложений для модернизации судов в компаниях.

Вывод. Поскольку количество эксплуатирующегося в перспективе нефтеналивного флота остается достаточно высоким, то и решение вопроса о приведении его в соответствие с требованиями ТР является актуальной задачей для судовладельцев. В связи с этим очевидным становится вопрос о разработке новых технических решений конструктивного и технологического порядка по введению существующего флота в соответствие ТР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта: постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. №623 // Собрание законодательства РФ. -2010. -ст.4476.

2 Бимбереков, П.А. Структура танкерного флота в регионе Западно-Сибирского филиала Российского Речного Регистра и проблема его соответствия новым требованиям безопасности / П.А. Бимбереков, А.А. Щученко // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2011. -№1. -С. 226-229.

3 О внесении изменений в постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. №623: постановление Правительства РФ от 30 апреля 2015 г. №426 [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.rivreg.ru/data/reglam_bezopasn/reglament_2010.docx. -02.11.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *состав нефтеналивного флота, соответствие техническому регламенту*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Березовский Антон Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АУТСОРСИНГА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

А.А. Прудников, А.Д. Поздеева

ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF OUTSOURCING USE IN RAILWAY TRANSPORT

Siberian state transport university

A.A. Prudnikov, A.D. Pozdeeva

Modern features of the successful existence of the company in conditions of market relations largely depends on the provision of high-quality services at optimal cost. The achievement of these parameters is possible in the allocation of non-core activities.

Keywords: outsourcing, economic effect, cost reduction

Современные особенности успешного существования компании в условиях рыночных отношений во многом зависит от предоставления высококачественных услуг по их оптимальной стоимости. Достижение этих параметров возможно при выделении непрофильных видов деятельности.

На современном этапе экономическое развитие ОАО «РЖД», обеспечивающее конкурентоспособность компании, зависит в значительной степени от эффективного управления подразделениями транспорта. Вопросы организации эффективной работы хозяйств железнодорожной отрасли играют ключевую роль в повышении качества оказываемых отраслью услуг.

Одним из инструментов повышения качества оказываемых услуг является использование аутсорсинга в ОАО «РЖД» [1], которое должно предусматривать следующие цели:

- повышение качества выполнения передаваемых на аутсорсинг отдельных видов работ (услуг) при одновременном снижении издержек хозяйственной деятельности ОАО «РЖД»;
- снижение потребности филиалов в инвестициях на развитие непрофильных (передаваемых на аутсорсинг) видов деятельности;
- создание условий для удовлетворения сезонной потребности филиалов в дополнительном персонале;

– обеспечение стабильно высокого уровня безопасности и охраны труда, производственной санитарии при выполнении передаваемых на сетевой аутсорсинг отдельных видов работ (услуг).

Экономический эффект от перехода на аутсорсинг определяется путем сопоставления затрат, связанных с содержанием высвобождаемых работников и их рабочих мест, затрат, связанных с выполнением технологических процессов (производственных циклов, функций, видов бизнеса), передаваемых внешним организациям с затратами по оплате предоставленных услуг, выполненных работ, функций или поставляемой продукции фирмами-аутсорсерами.

Экономическое обоснование целесообразности перехода на аутсорсинг должно предусматривать снижение затрат на перевозках, содержать источники средств, а также сумму уменьшения затрат по элементам.

Положение об использовании аутсорсинга филиалами ОАО «РЖД» при оценке экономической эффективности рекомендует учитывать следующие виды затрат:

– расходы на оплату труда: тарифная ставка, доплата за вредность, районный коэффициент, северная надбавка, надбавка за особо сложные условия труда, единый социальный налог, негосударственное пенсионное страхование;

– расходы, связанные с оплатой отпуска: ежегодный отпуск, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (климатические, вредные условия), затраты на отпуск за ненормированный рабочий день;

– расходы на материальные ресурсы, обеспечивающие выполнение определенного вида работ (услуг), передаваемых на аутсорсинг;

– расходы на форменную спецодежду по нормативным документам ОАО «РЖД»;

– расходы на медицинский осмотр и медицинское освидетельствование;

– кроме этого, учитываются выплаты при увольнении персонала и затраты на оплату услуг по подбору персонала.

На наш взгляд, в методику расчета следует, помимо вышеназванных затрат, следует включить несколько значимых статей расходов. Так, например, сейчас не учитываются:

– расходы на содержание, эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание необходимых основных средств и иного имущества;

– расходы на амортизацию;

– налог на прибыль, отнесенный на выполняемый вид работ;

– налог на добавленную стоимость, отнесенный на выполняемый вид работ.

Рассмотрим еще несколько видов расходов, выраженных в виде среднего процента от прямого фонда оплаты труда, которые ОАО «РЖД» несет на одного работника. Эти расходы также, по нашему мнению, должны быть включены в расчет экономической эффективности от передачи работ (услуг) на аутсорсинг. Расчет будем производить на условных примерах монтера пути и проводника пассажирского вагона. Примем количество рабочих дней в году равным 250. Средняя заработная плата проводника пассажирского вагона в 2015 г. составила 20 тыс. р., монтера пути – 22 тыс. р.

Расходы на подготовку кадров и повышение квалификации. Сохранение работникам, совмещающим работу с обучением, гарантий и компенсаций согласно ст. 173-176 ТК РФ, обязывает работодателя предоставлять дополнительные дни отпуска с сохранением среднего заработка на период обучения, повышения квалификации с отрывом от производства.

Ежегодно на одного работающего монтера пути приходится не менее 5 рабочих дней на вышеперечисленные процессы, согласно плану по подготовке кадров. На одного проводника приходится не менее 7 рабочих дней.

Таким образом, расходы на подготовку кадров и повышение квалификации одного монтера пути составят:

– процент от прямого фонда оплаты труда $\Phi OT = 5/250 = 2\%$; на проводника: процент от прямого $\Phi OT = 7/250 = 2,8\%$;

– суммы, перечисляемые учебным заведениям при прохождении работниками курсов повышения квалификации, получении допусков и разрешений, в пересчете на одного монтера пути составляют до 3 тыс. р., проводника – до 7,68 тыс. р., что составит на одного монтера пути: процент от прямого $\Phi OT = 5,3/(22 \cdot 12) = 2,0\%$; на проводника: процент от прямого $\Phi OT = 7,8/(10,4 \cdot 12) = 3,2\%$;

– сумма расходов, связанных с обучением, влечет за собой командировочные расходы с выплатой работнику суточных и компенсаций за проживание (100 р. на 7 дней плюс 300 р. на 7 дней составит 2,8 тыс. р.). В пересчете на ФОТ одного монтера пути и проводника соответственно расходы составят: процент от прямого $ФОТ = 2,8/(22 \cdot 12) = 1\%$; процент от прямого $ФОТ = 2,8/(20 \cdot 12) = 1,1\%$.

Добровольное медицинское страхование. Согласно статье 255 Налогового Кодекса РФ, на расходы структурного подразделения относятся платежи по договорам добровольного страхования работников.

В настоящее время ежегодно заключаются договора на медицинское страхование работников, сумма платежей составляет 3% от фонда оплаты труда работника. На объектах железнодорожного транспорта со степенью повышенной опасности осуществляется страхование на случай наступления смерти или утраты трудоспособности в связи с исполнением работником трудовых обязанностей. Размер страховой суммы составляет 10 тыс. р. на одного застрахованного работника в год. В пересчете на одного среднесписочного монтера пути, процент выплат составляет 6,8% от фонда оплаты труда, проводника – 8,0%. Таким образом, общая сумма затрат по добровольному медицинскому страхованию монтера пути составит 9,8% от годового фонда оплаты труда, проводника – 11,0%.

Охрана труда. В расходах на проведение мероприятий по улучшению условий и охраны труда учитываются затраты по обеспечению производственного персонала спецодеждой, спецобувью и защитными приспособлениями, по нормам [2].

Исходя из количества комплектов, сроков носки и цен для монтера пути в месяц положено спецсредств на сумму 229 р., соответственно в год – 2748 р.

Средний процент от прямого фонда оплаты труда составит: процент от прямого $ФОТ = 2,748/(22 \cdot 12) = 1,1\%$.

В соответствии с вышеназванным постановлением, для проводника закупается комплект спецсредств на сумму 271 р. ежемесячно, или 3252 р. ежегодно, что в пересчете на фонд оплаты труда составит: процент от прямого $ФОТ = 3,252/(20 \cdot 12) = 1,3\%$.

Генеральный коллективный договор ОАО «РЖД». Для выполнения условий отраслевого тарифного соглашения на железнодорожном транспорте, выделяемые средства по обязательным выплатам каждому работнику составляют:

– предоставление в установленном законодательством порядке работникам железнодорожного транспорта и членам их семей, находящимся на иждивении, права бесплатного проезда один раз в год по личным надобностям по разовому билету в купейном вагоне пассажирского поезда: процент от прямого $ФОТ = 12/(22 \cdot 12) = 4,5\%$; процент от прямого $ФОТ = 12/(20 \cdot 12) = 5\%$;

– дополнительные дни отпуска за ненормированный рабочий день, минимальная продолжительность отпуска составляет 3 календарных дня: процент от прямого $ФОТ = 3/365 = 0,82\%$;

– прочие выплаты по коллективному договору (бесплатный проезд в пригородном сообщении, компенсация затрат на приобретение бытового топлива и др.) – до 1,5% от прямого ФОТ.

Таким образом, по вышеуказанным пунктам экономия средств ОАО «РЖД» при переводе работ (услуг), выполняемых рассмотренными категориями работников, помимо экономии от расходов, перечисленных в Положении об использовании аутсорсинга, составит по монтерам пути и проводникам – более 25% от прямого ФОТ.

Но это лишь видимая часть экономии средств, существует и скрытая (волевая) экономия, когда экономисты предприятий исключают из ФОТ железнодорожную и региональную надбавку, что фактически снижает ФОТ работника аутсорсера до 15% по отношению к аналогичной профессии кадрового работника ОАО «РЖД». Вышеописанную экономию рекомендуется все же хотя бы частично передавать аутсорсеру в составе общехозяйственных затрат с условием расходования данных средств на коллективный договор для улучшения условий труда работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ (операций) с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД» от 04.09.2013 №1899 р.

2 Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам магистральных железных дорог (Приложение 2). Постановления Министерства труда и социального развития РФ от 22.07.1999 №25.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аутсорсинг, экономический эффект, сокращение затрат
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Прудников Алексей Александрович, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
Поздеева Александра Дмитриевна, студент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

МЕХАНИЗМ ОТНЕСЕНИЯ КОСВЕННЫХ РАСХОДОВ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ ОКАЗЫВАЕМЫХ УСЛУГ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

М.О. Северова

MECHANISM OF INDIRECT COSTS ABSORPTION AS THE INSTRUMENT OF MANAGING COSTS OF THE RENDERED SERVICES

Siberian state transport university
M.O. Severova

For the enterprises working at the rail transportation market the considerable weight of the distributed expenses is inherent. The mechanism of its absorption at the amount of cost of the rendered transport services determines in a greater degree its size and needs further improvement.

Keywords: prime cost, indirect expense, classification of expenses, distribution mechanism

Для предприятий, работающих на рынке железнодорожных перевозок, характерен значительный удельный вес распределяемых расходов, механизм отнесения которых на величину себестоимости оказываемых транспортных услуг, определяет в большей степени ее величину и нуждается в дальнейшем совершенствовании.

В условиях неблагоприятной экономической конъюнктуры, на железнодорожном транспорте возникает необходимость ведения постоянной работы по мониторингу уровня затрат на оказываемые услуги. Компания ставит на первый план задачи повышения конкурентоспособности и эффективности различных видов деятельности. Учитывая платежеспособность своих клиентов (в частности – операторов пассажирских перевозок) важнейшим резервом, несомненно, является снижение себестоимости, а не увеличение цены оказываемых услуг.

Существующий в компании подход к организации управленческого учета в рамках действующего Классификатора расходов предполагает наличие значительного удельного веса распределяемых расходов в структуре себестоимости оказываемых услуг. Доля косвенных затрат предусматриваемая калькуляцией в расчете на единицу продукции зависит от качества расчета косвенных расходов, способа их отнесения на единицу работ (услуг) и объема предоставляемых услуг или выполняемых работ. Применяют различные механизмы распределения расходов, но любое распределение имеет определенную долю условности и не дает абсолютно точных результатов. Общий подход в распределении накладных затрат – распределение пропорционально выбранной базе [4].

Действующий в компании механизм распределения накладных расходов [1] основан на использовании в качестве базы для большинства статей общепроизводственных и общехозяйственных затрат фонда оплаты труда, либо прямых затрат за исключением таких элементов как «прочие материальные», «амортизация».

Для повышения достоверности калькуляции необходимо стремиться к максимальной возможности прямого отнесения затрат и научно-обоснованному выбору наиболее точной базы распределения накладных расходов. Развитие этих двух направлений и позволит повысить качество и достоверность формирования себестоимости оказываемых услуг.

В Компании принят функциональный подход к формированию себестоимости [2], но это в большей мере касается и правомерно для выделенных видов деятельности, которые являются конечными услугами клиентам по перевозке грузов и пассажиров, предоставлению услуг инфраструктуры и т.п. При оказании услуг по прочим видам деятельности принятый механизм порой не дает возможности для более точного отнесения затрат на объекты калькулирования. Это связано прежде всего с тем, что прямые затраты выделены в классификаторе преимущественно по перевозочным видам деятельности. Для прочих видов перечень

прямых статей существенно меньше. За последние годы классификатор был существенно обновлен – были выделены дополнительные статьи, которые могут прямо относиться услуги, оказываемые по прочим видам деятельности (ПВД). Однако, в составе общепроизводственных расходов еще велика доля статей, которые распределяются, хотя по существу могли бы быть отнесены собственно на объект калькуляции без дополнительных расчетов.

Необходимо отметить, что в рамках существующей системы распределения затрат можно найти решения, позволяющие более точно отнести косвенные издержки. Одним из таких инструментов – является применение двухэтапного разделения косвенных расходов и использование не единой, а множественной базы распределения [4].

Влияние механизма распределения косвенных расходов на величину себестоимости оказываемых услуг было рассмотрено автором на примере услуг по аренде подвижного состава, которые оказывает ОАО «РЖД» в лице дирекций мотор-вагонного подвижного состава (ДМВ) пригородным пассажирским компаниям.

Услуга аренды включает в себя ставку за собственно аренду электропоездов, отдельно ставки за выполнение технического обслуживания, текущего и капитального ремонта, а также ставку по управлению и эксплуатации подвижного состава.

Существующий механизм распределения косвенных расходов предполагает отнесение их на соответствующие производственные операции (статьи функции классификатора расходов) пропорционально предлагаемой базе. Реализован одинаковый подход для всех статей общепроизводственных и общехозяйственных затрат, может различаться только база распределения.

Расчеты затрат на услуги по аренде и эксплуатации подвижного состава, анализ величины и структуры расходов, формирующих ставки, говорит о том, что на ставки по капитальному ремонту, а также собственно аренде подвижного состава величина накладных расходов не оказывает влияния (рисунок 1), так в составе затрат отражаются только специфические расходы (на элементы прочие материальные затраты и амортизация накладные расходы по действующему порядку не распределяются, что правомерно). Для ставок на услуги тепловозной тяги величина накладных расходов составляет незначительную величину (около 2%) и в дальнейшем исследовании может не учитываться. Таким образом, были рассмотрены возможности альтернативного распределения накладных затрат, формирующих ставки для электропоездов на услуги по техническому обслуживанию, текущему ремонту и управлению и эксплуатации подвижного состава. Прежде всего были выбраны те статьи затрат накладных расходов, которые по содержанию и составу затрат могут относиться не на все функции (функциональные статьи), которые характеризуют деятельность дирекции. Практически применялся подход многоступенчатого распределения косвенных расходов.

Анализ состава косвенных расходов позволил предположить, что расходы по содержанию оборудования природоохранного назначения, текущему ремонту зданий и сооружений, амортизации основных средств производственного назначения и плата за пользование природными ресурсами связаны в основном с ремонтной деятельностью или ремонтными цехами и могут распределяться только на техническое обслуживание и текущий ремонт. Следовательно, на ставки, связанные с эксплуатацией подвижного состава, они могут не относиться. При выполнении капитального ремонта своими силами эти расходы могут быть отнесены на соответствующую ставку.

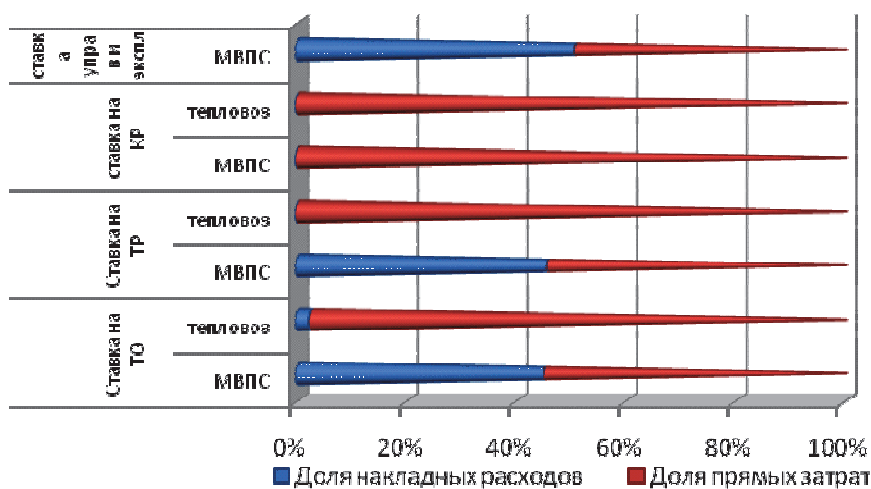


Рисунок 1 – Структура расходов, формирующих ставки на услуги

Особого внимания заслуживают расходы по налогу на имущество, включающие в себя

значительную долю затрат, связанную с налогом на имущество по электропоездам. Существующий механизм распределяет данные затраты по всем видам деятельности, хотя по существу они являются прямыми для услуги – аренда подвижного состава (для моторвагонного подвижного состава (МВПС)). Выделяя расходы по налогу на имущество электропоездов получаем затраты, которые могут быть прямо отнесены на ставку по аренде. Следует отметить, что в управленческом учете предполагается возможность расчета налога на имущество по отдельным объектам с помощью специальных технических статей, что позволит реализовать механизм прямого отнесения соответствующей части расходов по данной статье (с 1 января 2016 г.) [3].

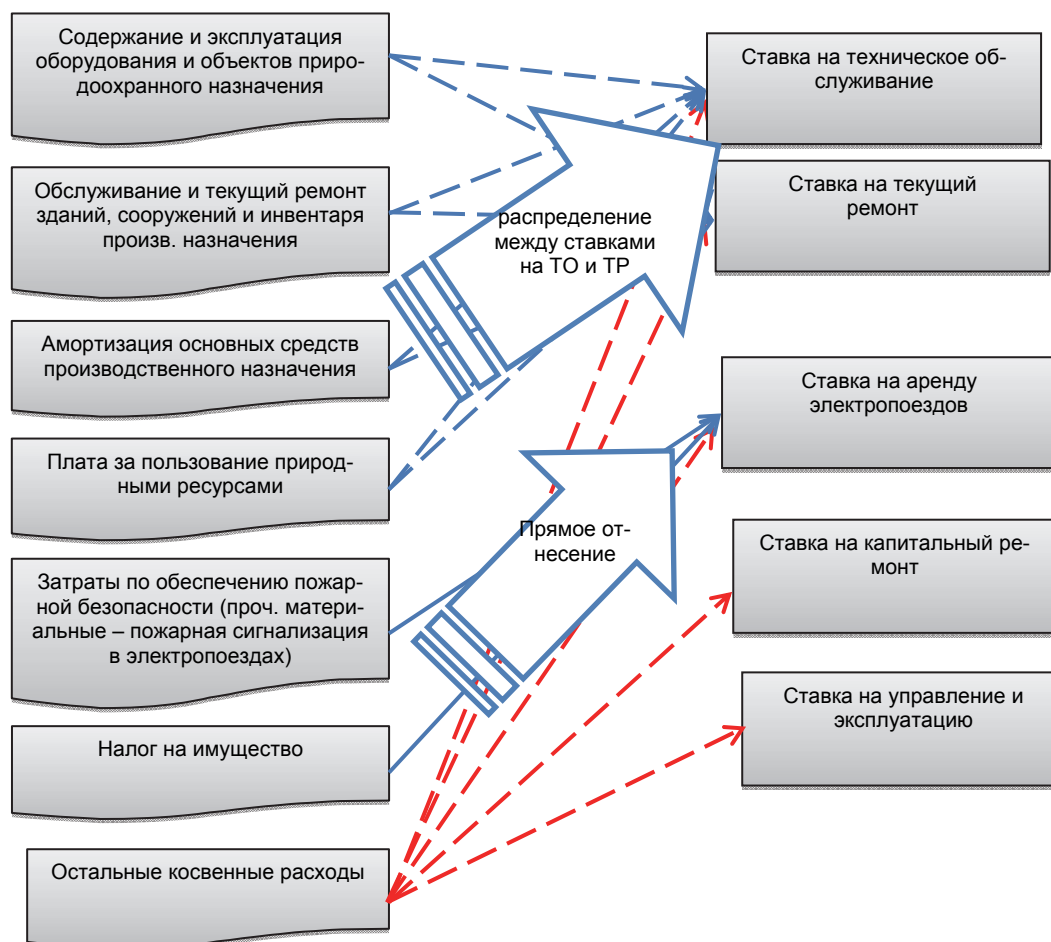


Рисунок 2 – Механизм отнесения статей косвенных расходов на услуги по аренде подвижного состава

Особенности структуры расходов в рассматриваемом подразделении (Западно-Сибирской ДМВ) предполагают возможность альтернативного распределения расходов по обеспечению пожарной безопасности. Большая часть затрат по этой статье содержит оплату услуг по оборудованию пожарной сигнализацией электропоездов (прочие материальные). Указанные расходы могут считаться прямыми по отношению к ставке по аренде подвижного состава (для МВПС). Схема альтернативного распределения отдельных статей косвенных затрат представлена на рисунке 2.

Апробация предложенных подходов показала, что данный вариант отнесения накладных затрат повлиял, прежде всего, на ставку по аренде подвижного состава (рисунок 3), которая увеличилась за счет прямого отнесения налога по имуществу по электропоездам на 37,7%, что в абсолютной сумме составляет дополнительного отнесения более 46 млн. р. на данный вид услуг. Значительно изменение ставки по управлению и эксплуатации – она снизилась на 9,0% (в абсолютной сумме это снятие нагрузки в размере около 37 млн. р.) и ставки на текущий ремонт – она также снизилась на 8,8% (что в абсолютной сумме составляет существенно меньшую величину затрат – около 12 млн. р.). Меньше всего предлагаемый вариант повлиял на ставку по техническому обслуживанию, которая увеличилась на 5,2% (в абсолютной сумме около 7 млн. р.).

На остальные ставки данное распределение существенного влияния не оказало (величина отклонений расходов находится в пределе 1,5%).

Предлагаемый механизм может быть реализован при необходимости и для других функциональных подразделений при оказании услуг Федеральной пассажирской компании или другим сторонним клиентам. Данная проблема особо актуальна для функциональных филиалов, которые оказывают значительный объем услуг по прочим видам деятельности. Как правило, для них характерен большой удельный вес накладных расходов, что объясняется принятой в Компании учетной политикой. Для таких подразделений может быть разработан индивидуальный механизм отнесения косвенных затрат на услуги, позволяющий снизить величину условных распределений при формировании себестоимости и увеличить прозрачность (понятность) расходов для сторонних клиентов и регулирующих органов.

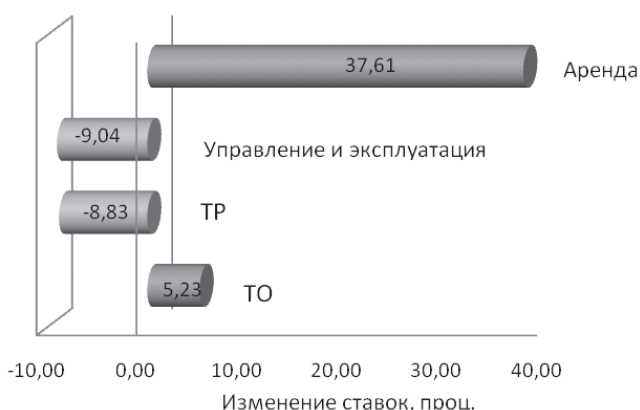


Рисунок 3 – Изменение величины расходов, формирующих ставки на услуги

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распределение расходов от обычных видов деятельности, прочих доходов и расходов по видам деятельности ОАО «РЖД». -М., 2010. -208 с.
- 2 Северова, М.О. Проблемы применения функциональных систем калькуляций для расчета себестоимости железнодорожных перевозок / М.О. Северова // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№1. –С. 84-88.
- 3 Об утверждении Порядка управленческого учета и отражения в управленческой отчетности ОАО «РЖД» расходов по налогу на имущество, а также изменений в Классификатор статей управленческого учета затрат ОАО «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД», 934 р. от 10.04.2015.
- 4 Никитина, Е.Ю. Совершенствование методики учета накладных расходов при формировании трансфертных цен на продукцию ремонтных предприятий ОАО «РЖД» / Е.Ю. Никитина, М.О. Северова // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. - 2008. -№1. -С. 88-93.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: себестоимость, косвенные расходы, классификация затрат, механизм распределения
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Северова Марина Олеговна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630049, г.Новосибирск, ул.Д.Ковальчук, 191, ФГБОУ ВПО «СГУПС»

УЧЕТ ВНУТРИРЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА СОСТАВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Григорьев, А.М. Варакса

ACCOUNTING FOR RATING EVALUATION WHEN SELECTING THE OPTIMAL COMPOSITION
 Siberian state university of water transport
 E.A. Grigoriev, A.M. Varaksa

Transport services market is characterized by an imbalance of supply and demand, at the same time, exceeds the second. In this connection it is necessary to assess the model compounds used by shipping companies on the main directions of traffic and work areas.

Keywords: optimization, typical formulations vessels, rating assessment, competitiveness

Рынок транспортных услуг характеризуется дисбалансом спроса и предложения, как правило, второе превышает. В связи с этим возникает необходимость оценки типовых составов, используемых судоходными предприятиями на основных направлениях перевозок и участкам работы.

В связи с наличием огромного числа перевозчиков формируется реальная конкурентная среда между предприятиями транспорта, при этом конкурентная борьба обостряется не только между различными видами транспорта, но и внутри отрасли.

Для преимущества перед конкурентами, а также удовлетворения спроса потребителей необходимо при организации перевозок выбрать такой вариант доставки груза, который будет иметь высокую производительность и низкие эксплуатационные расходы.

Для решения данной задачи предлагается внутрирейтинговая оценка типовых составов,

используемых судоходной компанией на основных направлениях перевозок и участкам работы.

Основными критериями внутрирейтинговой оценки определены следующие: качество перевозок; эксплуатационные показатели работы тяги и тоннажа; экономические характеристики судов; экономические показатели работы флота [1-3].

Критерий «качество перевозок» оценивается скоростью доставки грузов, а также сохранностью грузов. Учитывая структуру перевозимых грузов, скорость движения составов и обязанности судоходных компаний по сохранности грузов преимущества здесь одних составов перед другими вряд ли возможны.

Эксплуатационные показатели работы тяги и тоннажа оцениваются валовой производительностью:

– для тоннажа

$$P'_e = \frac{\sum G l_e}{\sum Q_p t'_e}, \text{ Т·км}/(\text{тнж·сут});$$

– для тяги

$$P_e = \frac{\sum G l_e}{\sum N_p t_e}, \text{ Т·км}/(\text{сило·сут}),$$

где $\sum G l_e$ – провозная способность за определенный период времени, т·км;

$\sum Q_p t'_e, \sum N_p t_e$ – затраты, соответственно тоннажа (тнж·сут) и тяги (сило·сут).

Экономические характеристики. Удельные показатели эксплуатационных расходов:

– для тоннажа

$$\bar{C}'_{y\delta} = \frac{\sum \mathcal{E}'}{Q_p t'_p}, \text{ руб.}/(\text{тнж·сут});$$

– для тяги

$$\bar{C}_{y\delta} = \frac{\sum \mathcal{E}}{N_p t_p}, \text{ руб.}/(\text{сило·сут}),$$

где $\sum \mathcal{E}', \sum \mathcal{E}$ – сумма эксплуатационных расходов по содержанию, соответственно, несамоходного грузового и буксирного судов, руб.;

t'_p, t_p – рабочий период несамоходного грузового и буксирного судов, сут.

Экономические показатели работы флота:

– себестоимость перевозок $S = \frac{C}{P_e} + \frac{C'}{P'_e}, \text{ руб.}/\text{т·км};$

– комплексная оценка эффективности

$$\mathcal{E}_u = \frac{C}{P_e} + \frac{C'}{P'_e} + \frac{C_e t_\delta E_n}{365 \cdot 100}, \text{ руб.}/\text{т·км},$$

где C_e – цена (стоимость) груза, руб./т;

t_δ – срок доставки груза, сут;

E_n – ставка рефинансирования, определяемая ЦБ РФ, %.

Далее по перечисленным критериям производится внутрирейтинговая оценка типовых составов, где по каждому критерию определяется базовое (экстремальное) значение, а затем степень отклонения от него. Здесь за базовое значение принимается $x_0 = 1$, а остальные значения $1 + \delta_i$. Таким образом, $\delta_1 = |(x_0 - x_1)/x_0|$, $\delta_2 = |(x_0 - x_{21})/x_0|$ и т.д.

Для валовой производительности базовым значением является максимум валовой производительности, для удельных эксплуатационных расходов – минимальное значение эксплуатационных расходов, для себестоимости – минимальное значение себестоимости, для комплексной оценки эффективности – минимальное значение комплексной оценки эффективности.

С помощью коэффициентов взвешивания отражаются все показатели в рейтинге. К наиболее важным показателям, таким как валовая производительность тяги, интегральный показатель эксплуатационно-экономической оценки применяется коэффициент 0,25. К себестоимости работы флота – 0,20, к валовой производительности тоннажа и удельному показателю эксплуатационных расходов – 0,10.

Результаты расчетов применительно к буксиру пр. 1741 с разными проектами барж и их числом в составе на участках Томск - Ханты-Мансийск и Томск-Нижневартовск, приведены в

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

таблице 1 и 2, соответственно.

Анализ полученных данных свидетельствует о целесообразности использования буксира пр. 1741 с двумя баржами проекта 16800 на участке Томск - Ханты-Мансийск. С незначительным отличием, близкий к нему состав 1741+2×P56. Состав 1741+1×P29 имеет самый низкий рейтинг и не может быть рекомендован для эксплуатации на заданном направлении. На участке Томск-Нижневартовск первое место во внутрирейтинговой оценке, исходя из предложенных типовых составов, отводится составу с двумя баржами проекта P56.

Таблица 1 – Внутрирейтинговая оценка типовых составов применительно к буксиру пр. 1741 на участке Томск - Ханты-Мансийск

Показатель		Тип состава					
		1×P56	2×P56	1×16800	2×16800	1×P29	2×P29
Валовая производительность	тяга	0,43	0,26	0,41	0,25	0,45	0,27
	тнж	0,12	0,14	0,10	0,12	0,13	0,16
Удельный показатель эксплуатационных расходов	тяга	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	тнж	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11
Себестоимость работы флота		0,32	0,21	0,31	0,20	0,34	0,22
Интегральный показатель эксплуатационно-экономической оценки		0,40	0,26	0,38	0,25	0,42	0,27
Итого		1,47	1,06	1,42	1,05	1,55	1,14
Рейтинг		5	2	4	1	6	3

Таблица 2 – Внутрирейтинговая оценка типовых составов применительно к буксиру пр. 1741 на участке Томск-Нижневартовск

Показатель		Тип состава					
		1×P56	2×P56	1×16800	2×16800	1×P29	2×P29
Валовая производительность	тяга	0,42	0,25	0,42	0,26	0,43	0,26
	тнж	0,11	0,13	0,10	0,12	0,12	0,15
Удельный показатель эксплуатационных расходов	тяга	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	тнж	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11
Себестоимость работы флота		0,32	0,20	0,32	0,21	0,33	0,21
Интегральный показатель эксплуатационно-экономической оценки		0,39	0,25	0,40	0,26	0,41	0,26
Итого		1,43	1,03	1,46	1,07	1,50	1,10
Рейтинг		4	1	5	2	6	3

Таким образом, использование установленных в результате внутрирейтинговой оценки оптимальных типовых составов является одним из путей повышения эффективности грузоперевозок для судоходной компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бунеев, В.М. Оценка рыночных факторов при принятии решений в системе менеджмента судоходной компании / В.М. Бунеев, Р.В. Васильев, Е.А. Григорьев // Сиб. научн. вестн. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп. -2012. -Вып. XVI. -С. 223-227.

2 Григорьев, Е.А. Оценка эффекта снижения эксплуатационных расходов на грузовых речных перевозках / Е.А. Григорьев // Мат-лы IV межвуз. научн.-практ. конф. аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 15-16 мая 2013 г. -СПб.: Гос. ун-т мор. и речн. флота им. адм. С.О. Макарова, 2013. -С. 464-467.

3 Григорьев, Е.А. Экономическая оценка ресурсосберегающих технологий работы речных судов: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Григорьев Евгений Алексеевич. -Новосибирск, 2014. -24 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптимизация, типовые составы судов, рейтинговая оценка, конкурентоспособность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Григорьев Евгений Алексеевич, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Варакса Анна Михайловна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ: НАПРАВЛЕНИЯ И НЕОБХОДИМОСТЬ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Я.Н. Поликарпова

MODERNIZATION OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS: TREND AND NEED

Siberian state university of water transport

Ya.N. Polikarpova

Intensive operation of inland waterway transport can significantly reduce the burden on the transport network of the country. Water transportation is affordable, reliable, safe and clean, which corresponds to the wishes of the cargo owners and the government. Inland water transport plays a bridging role on a global level, by participating directly or indirectly in international trade, delivering the goods to seaports or on the contrary, carrying out delivery on in-land waterways.

Keywords: water transport, modernization, development, experience, Europe, hinterland

Интенсивное функционирование внутреннего водного транспорта позволяет значительно снизить нагрузку на транспортную сеть страны. Водные перевозки достаточно дешевы, надежны, безопасны и экологичны, что соответствует пожеланиям грузовладельцев и правительству. Внутренний водный транспорт играет связующую роль и на мировом уровне, участвуя прямо или косвенно в международной торговле, доставляя груз до морских портов или же наоборот, осуществляя завоз по внутренним водным путям.

Динамика развития транспортировки грузов в Европе, выраженная в тонно-километрах показывает стабильность с небольшим ростом в абсолютных цифрах, что говорит о сложившихся маршрутах, видах и количестве грузов (таблица 1). Отмечается значительный рост (почти в три раза) автомобильных перевозок при незначительном уменьшении железнодорожных. На фоне увеличивающегося грузового потока автомобильный транспорт в Европе развивается опережающими темпами и является основным. Это абсолютно естественно и объяснимо: стоимость создания автомобильной инфраструктуры ниже, чем железнодорожной и внутренних водных путей (ВВП), а так же дешевле обходятся основные фонды (грузовые автомобили). Скорость, маневренность, возможность доставки малыми партиями играют так же свою роль [1-3].

Таблица 1 – Перевозка грузов различными видами транспорта в Западной Европе, млн. т·км

Вид транспорта	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.
Автотранспорт	423,0	653,8	1023,0	1269,2
Железнодорожный транспорт	292,5	269,3	254,0	246,0
Внутренний водный транспорт	107,7	115,4	115,4	123,0
Итого	823,2	1028,5	1392,4	1638,2

Процентное изменение в использовании наземного и водного транспорта подтверждает эти данные (таблица 2). Средний уровень использования ВВП в западноевропейских странах составляет 7%. В действительности эта цифра колеблется значительно. В Нидерландах она составляет 42%, в Германии - 14%, в Бельгии – 13% и в Люксембурге – 10%.

Таблица 2 – Соотношение использование различных видов транспорта в инфраструктуре Европы

Вид транспорта	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.
Автотранспорт	51,4	63,8	73,6	77,5
Железнодорожный транспорт	35,6	24,9	18,1	15,0
Внутренний водный транспорт	13,0	11,3	8,3	7,5

Суда интенсивно проходят по Рейну, Шелбе, Маасу, Майну, Дунаю и многочисленным маленьким рекам.

ВВП играют значительную роль в импорте и экспорте товаров, проходящих через северо-западные порты Европы. Они составляют значительную долю транспортной инфраструктуры, соединяющей хинтерленд Европы и основные европейские порты.

В Западной Европе всего шесть стран имеют систему соединенных между собой внутренних водных путей: Австрия, Бельгия, Франция, Германия, Люксембург и Нидерланды.

Примерно одна треть торгового оборота между этими странами выполняется посредством внутреннего водного транспорта (ВВТ).

Водный транспорт здесь рассматривается не как конкурент или альтернатива поездкам и автомобилям, а как дополнительная возможность ускорения грузооборота и снижения нагрузки на сухопутную инфраструктуру. Сравнительно небольшое расстояние перевозок позволяют подобрать эффективные водные транспортные средства, соответствующие требованиям инфраструктуры, а разница в скорости не так заметна и критична.

Недостатки, присущие данному виду транспорта ограничили область его дальнейшего распространения. Клиенты требуют не только быстрой, но и своевременной доставки груза. К сожалению, внутренний водный транспорт не обладает самой важной характеристикой – возможность срочной доставки груза. Это объясняется несвоевременностью и неточностью в информации о сроках предоставления сервиса (транспортного средства), а так же физической ограниченностью мест погрузки и выгрузки и сравнительно долгим времени доставки.

Благодаря развитию логистического сервиса и экономическим потребностям традиционный баржевый рынок перевозки руды, угля, нефтехимический, кормов для животных так же находится под давлением автомобильного и железнодорожного транспорта.

Грузопоток через российские судопропускные сооружения характеризуется двумя важными особенностями – это в основном контейнеризированные грузы товаров народного потребления и готовой продукции, оборудования для производства. Доля других товаров в импорте весьма незначительна.

Во-вторых, экспортные грузы – в основном сырье, перевозимое навалом, либо полуфабрикаты, транспортируемые как генеральные грузы в массовом количестве и пока еще недостаточно контейнеризированные.

Неоднородность экспортного и импортного потоков порождает дополнительную нагрузку на транспортную инфраструктуру, так как невозможно использовать один и тот же подвижной состав под грузы принципиально разных видов. Соответственно, на транспортную сеть ложится двойная нагрузка по доставке грузов. В планы по развитию морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. заложен значительный прирост объемов экспортных перевозок, в основном массовых грузов на экспорт, предусмотрен и дополнительный рост портовых мощностей, что создаст еще более напряженную ситуацию на судопропускных сооружениях. В климатическом аспекте возможность эксплуатации ВВП ограничена – с мая по октябрь. Это, безусловно, отрицательно сказывается на создании постоянно действующих логистических схем с участием ВВТ.

В связи с вышесказанным следует выделить наиболее интересные аспекты развития внутреннего водного транспорта в целом и судопропускных сооружений в частности:

– Более активное использование ВВТ как части транспортной инфраструктуры в обслуживании крупных морских портов, их связи с внутренними сухими портами. Северо-Западные порты Европы, находящиеся в устьях крупных рек или связанные с ними (Амстердам, Роттердам, Флашинг, Антверпен), активно и успешно используют ВВП как часть транспортной инфраструктуры, связывающей порты с хинтерлендом, увеличивая тем самым пропускную способность всей региональной транспортной инфраструктуры в целом. Опыт такого использования был бы интересен и нашим портам в части снижения нагрузки на общую транспортную сеть.

– Вовлеченность водного транспорта в логистические схемы доставки грузов при использовании международных коридоров. Внутренние водные перевозки по коридору север – юг испытывают те же проблемы, что и сквозные перевозки по Дунайской водной системе. В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос в комплексе, с учетом типов используемых судов, судопропускных сооружений, состояния транспортной инфраструктуры, возможности использования комбинированных перевозок различными видами транспорта. При этом следует принять к сведению ограниченность эксплуатации водного транспорта в течение года.

– Плановость перевозок. ВВТ в силу своих особенностей (скорость перевозки, ограниченность маршрутов движения, сезонность) не предназначен для работы на спотовом рынке транспортных услуг (как, например, автомобильный). Он больше тяготеет к длительным контрактным перевозкам, а в нашей стране из-за климатических условий – еще и к сезонным. Поэтому важными условиями эффективности работы ВВТ являются плановость и долгосрочность контрактов на перевозки, желательно по замкнутому, круговому циклу.

Выводы. Хотя климатические условия нашей страны делают невозможным существование постоянно действующих логистических схем с участием ВВТ, реально эффективное ис-

пользование ВВП для решения определенных задач во время навигации. Использование ВВП существенно облегчит нагрузку на транспортную инфраструктуру в целом и высвободит другие виды транспорта, такие как автомобильный или железнодорожный, для перевозки грузов, нуждающихся в постоянной и ритмичной доставке. Этого можно добиться путем:

- применения речных судов как шаттлов, связывающих внутренние терминалы страны с портами, для этого необходимо создать новый тип многофункциональных, быстроходных судов, обеспечивающих своевременную доставку экспортных и импортных грузов;
- доставки крупнотоннажных и негабаритных грузов, перевозка которых другими видами транспорта невозможна или затруднена;
- доставки грузов в труднодоступные места, где нет другой транспортной инфраструктуры;
- более активного использования речных судов в перевозке сезонных грузов, не требующих срочной доставки, в перевозке массовых грузов в прямом сообщении для создания запасов или заполнения складов и хранилищ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузнецов, А.Л. Механизмы рационализации маршрутов наземного распределения и выбора видов транспорта / А.Л. Кузнецов // Транспорт: наука, техника, управление. -2011. -№6. -С. 13-18.
- 2 Kraan, M. The Inland waterways on the European continent / M. Kraan. -Paris, 2008.
- 3 EU transport in figures / European Commission. -2010. -S.I.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водный транспорт, модернизация, развитие, опыт, Европа, хинтерленд
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Поликарпова Яна Николаевна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ РУСЛОВЫХ КАРЬЕРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

А.В. Погодин, А.Н. Ситнов

METHODOLOGY AND RESULTS OF USING THREE-DIMENSIONAL SIMULATION FOR EVALUATING INFLUENCE OF INSTREAM GRAVEL MINING ON NAVIGATION SAFETY
Volga state university of water transport
A.V. Pogodin, A.N. Sitnov

The article considers current methodological approaches used for detection of riverbed deformations caused by instream gravel mining. The results of three-dimensional simulation of riverbed deformations taking into account the water surface position as well as comparison with an experiment are given.

Keywords: career nonmetallic building materials, numerical simulation, riverbed deformations, free water surface position

Рассматриваются методические подходы к выявлению русловых деформаций, вызванных разработкой русловых карьеров НСМ. Приводятся результаты трехмерного моделирования русловых деформаций с учетом положения водной поверхности и их сравнение с экспериментом.

Добыча нерудных строительных материалов (НСМ) считается экономически выгодной ввиду близкого расположения карьеров НСМ к местам жилищного и промышленного строительства. Интенсивная добыча нерудных строительных материалов привела к ухудшению судоходных условий на целом ряде рек [1-3].

Для оценки и прогнозирования влияния разработки русловых карьеров на гидродинамический режим реки предложен ряд методик, которые с различной точностью позволяют спрогнозировать негативные последствия такого воздействия [4]. Достоверную оценку этих последствий позволяют выполнить только те методы, которые рассматривают данную проблему комплексно с учетом русловых деформаций.

К настоящему времени одним из наиболее развитых и точных методов оценки, учитывающих русловые деформации, является метод, основанный на уравнениях «мелкой воды» [5].

При расчетах изменение положения отметки дна определяется из баланса транспорта донных наносов

$$(1-p) \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

где p – пористость грунта;
 z – отметка дна, м;
 q – удельный расход наносов, м²/с.

Данный подход дает возможность прогнозировать изменения поверхности воды и речного дна на достаточно больших в плане участках рек, но при этом имеет ряд недостатков. Основным из них применительно к участкам рек, где ведется разработка НСМ, является то, что он рассматривает осредненные по глубине параметры, тем самым не учитывая явления, возникающие с ее изменением. Как известно, глубина русловых карьеров может многократно (в пять и более раз) превышать среднюю глубину русла. При этом в зависимости от размера карьера в нем так же могут возникать вихревые явления, которые невозможно учесть, используя осредненный по глубине подход. Таким образом, чтобы более детально учесть физику процессов, происходящих в районе русловых карьеров, и, соответственно, изменение отметок дна, необходимо использовать метод, позволяющий дискретизировать задачу по глубине.

К настоящему времени наиболее развитым методом решения трехмерных задач гидродинамики является метод, основанный на осредненных по Рейнольдсу уравнениях Навье-Стокса

$$\begin{cases} \nabla(\bar{u}) = 0; \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \nabla(\bar{u}\bar{u}) = \frac{-\nabla \bar{p}}{\rho} + \nu \nabla^2 \bar{u} - \frac{1}{\rho} \nabla \tau^R, \end{cases} \quad (2)$$

где u – осредненная во времени скорость, м/с;
 p – осредненное во времени значение давление, кПа;
 ν – кинематическая вязкость, м²/с;
 ρ – плотность среды, кг/м³;
 τ^R – тензор напряжений Рейнольдса;
 t – время, с.

Исследования, выполненные авторами на неразрываемой полномасштабной математической модели участка реки Ветлуги с использованием RANS моделей турбулентности, показали хорошую сходимость полученных результатов с натурным экспериментом [6]. На основе проведенных исследований был сделан вывод, что для описания придонной области достаточно использования высокорейнольдсовых моделей турбулентности, в частности, модели K-Epsilon.

Для адаптации модели транспорта наносов к предлагаемому подходу необходимо выбрать подходящее математическое описание удельного расхода наносов [7]

$$q_b = 0,053 \left[\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \right]^{0,5} \frac{d_{50}^{1,5} T^{2,1}}{D^{0,3}}, \quad (3)$$

где ρ_s, ρ – плотность наносов и воды соответственно, кг/м³;
 d_{50} – средний диаметр частиц, м.

Здесь безразмерный параметр T рассчитывается

$$T = \frac{(u_*)^2 - (u_{*cr})^2}{(u_{*cr})^2}, \quad (4)$$

где u_* – эффективная придонная скорость, м/с;
 u_{*cr} – критическая скорость, определяемая из диаграммы Шилдса, которая описывает связь критического касательного напряжения и числа Рейнольдса [8], м/с.

Кроме этого, безразмерный параметр D в формуле (3) находится

$$D = d_{50} \sqrt[3]{\frac{(\rho_s - \rho) g}{\rho \nu^2}}. \quad (5)$$

Преимущество предлагаемого метода определения удельного расхода наносов состоит в том, что здесь с достаточной точностью учитываются гранулометрический состав транспортируемого аллювия, а также в явном виде учитывается проявление эрозии русла через

критическое напряжение Шилдса, зависящее от числа Рейнольдса.

Для решения эрозионной задачи с учетом положения свободной поверхности использовался алгоритм, показанный на рисунке 1.

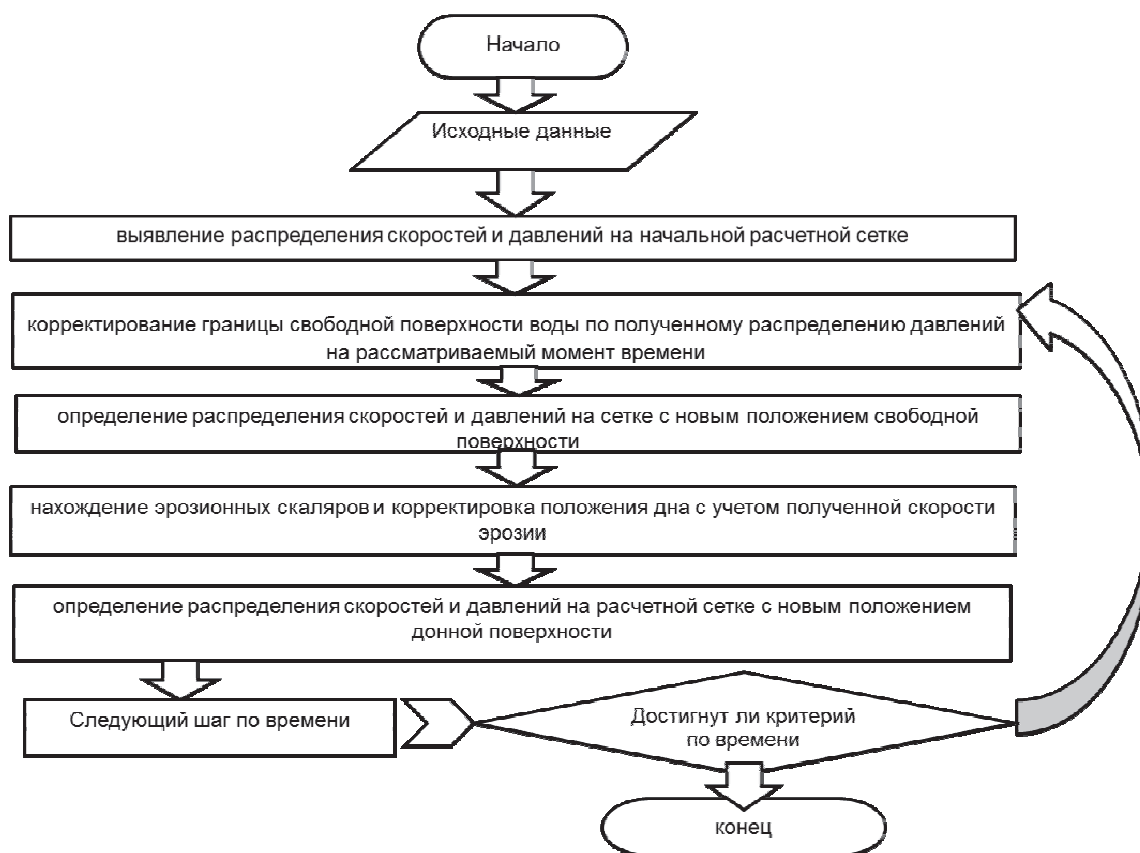


Рисунок 1 – Алгоритм решения эрозионной задачи с учетом положения свободной поверхности воды

Рассматриваемый подход был апробирован на двухмерном абстрактном участке реки с тремя карьерами, на котором получены удовлетворительные результаты, говорящие о работоспособности предлагаемого подхода и применимости его для оценки изменения параметров судового хода при добыче НСМ [9].

В качестве реального участка реки взят участок реки Ветлуги в районе переката Дубняковский-3, на котором в конце 1980-х гг. был поставлен натурный эксперимент по изучению влияния разработки карьеров на русловую и гидрологический режимы реки. Выполненная работа содержит экспериментальные данные в виде планов рельефа дна в изобатах, полученных на разных этапах занесения карьера.

Основываясь на данной русловой съемке, была создана трехмерная геометрическая модель рассматриваемого участка реки. Конечно-объемная сетка содержит около 5 млн. ячеек.

Применив описанный выше подход к моделированию русловых деформаций и движению речного потока, можно оценить влияние карьерной выработки на русловые деформации на рассматриваемой трехмерной модели. Это позволит оценить насколько точно предлагаемый метод способен предсказывать последствия разработки карьера, в частности, изменение глубин судового хода. Расчетный период, в течение которого оценивается трансформация русла, равен четырнадцати дням. Результаты моделирования, полученные в конце расчетного периода, сравниваются с экспериментальными данными, полученными через тот же промежуток времени.

Ниже на рисунке 2 показаны совмещенные планы проектных и нулевых изобат, полученные через две недели после разработки карьера на модели и в натурном эксперименте.

Как видно из рисунка 2, результаты, полученные на модели, хорошо согласуются с результатами натурного эксперимента. Стоит отметить, что в начале расчетного участка наблюдается заметное расхождение изобат гарантированных глубин. Это, в свою очередь, можно объяснить влиянием граничных условий на входном сечении.

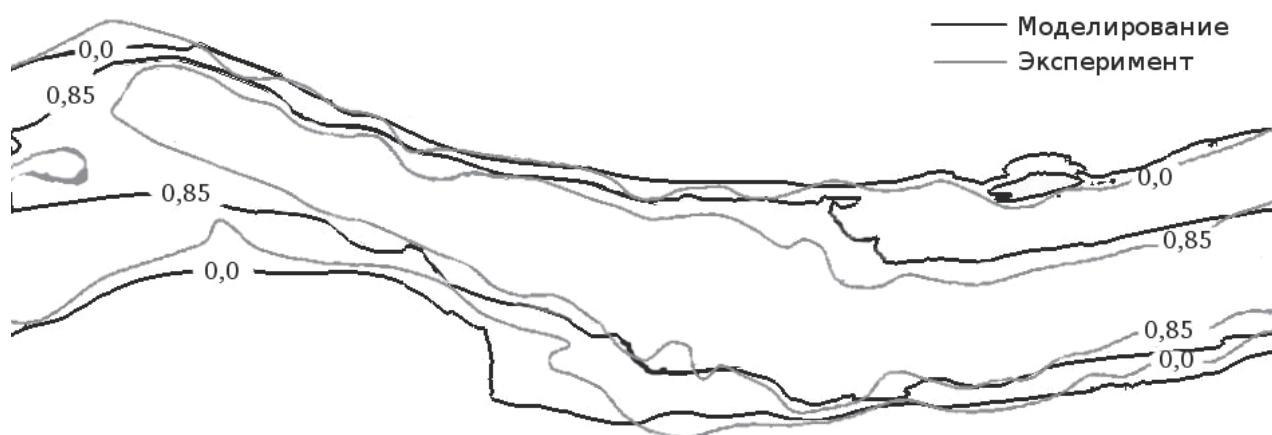


Рисунок 2 – Совмещенные планы проектных и нулевых изобат полученных на модели и в натурном эксперименте на момент времени, равный 14 дням после разработки карьера

Для более качественной оценки сходимости полученных результатов с экспериментом был определен коэффициент корреляции для каждой изобаты, представленной на рисунке 2, по формуле

$$r_{ab} = \frac{\sum (a_i - \bar{a}) \times (b_i - \bar{b})}{\sqrt{\sum (a_i - \bar{a})^2 \times \sum (b_i - \bar{b})^2}}, \quad (6)$$

где a_i – значения, принимаемые переменной a ;

b_i – значения, принимаемые переменной b ;

\bar{a} – среднее значение переменной a ;

\bar{b} – среднее значение переменной b .

Для определения коэффициента корреляции была сделана выборка из значений положения изобат по ширине, взятых через равные интервалы вдоль рассматриваемого участка реки. В нашем случае значение переменной a связано с положением соответствующей изобаты по ширине реки по результатам эксперимента, значение переменной b – по результатам численного моделирования. Полученные коэффициенты корреляции сведены в таблицу.

Таблица – Коэффициенты корреляции экспериментальных и расчетных данных

Изобата	Коэффициент корреляции
Нулевая левобережная (0,0)	0,9448
Проектная левобережная (0,85)	0,9920
Проектная правобережная (0,85)	0,9783
Нулевая правобережная (0,0)	0,9788

Как видно из таблицы, результаты моделирования сильно коррелируют с экспериментальными данными, что, в свою очередь, говорит о хорошей сходимости эксперимента и теории. Отсюда следует, что предлагаемый подход способен с хорошей точностью предсказывать русловые деформации, происходящие от воздействия антропогенной нагрузки при разработке карьера НСМ. Таким образом, вышеописанная методика может комплексно оценивать негативные для безопасности судоходства последствия разработки карьеров с учетом многих факторов в виде деформации русла, технологии разработки, непостоянства уровня режима и т.д. При этом, используя данный подход, возможно подобрать такие параметры и расположение карьера, при которых снижение глубин на судовом ходе будет минимальным и не превышающим предельных значений, ухудшающих габариты пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Барышников, Н.Б. Развитие русла Нижней Белой в условиях антропогенной нагрузки / Н.Б. Барышников, К.М. Беркович, А.М. Гареев // Эрозионные и русловые процессы. – Вып. 3. – М.: МГУ, 2000.
 2 Гладков, Г.Л. Влияние добычи НСМ на русловой режим и судоходные условия на Нижней Каме / Г.Л. Гладков, Р.М. Нарбут, Р.Б. Орлович // Совершенствование проектирования, реконструкции содержания водотранспортных гидротехнических сооружений, организации производства путевых работ: Сб. тр. – СПб: ЛИВТ, 1992. – С. 126-145.
 3 Беркович, К.М. Влияние русловых карьеров и гидроузлов на судоходные условия рек // Наука и техника на речном

транспорте: информ. сб. М.: ЦБНТИ речного транспорта/ Спец. вып. -2000.

4 Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. -СПБ.:Изд-во «Глобус», 2012. -140 с.

5 Гладков Г.Л. Численное моделирование движения воды и переформирований дна в естественных русловых потоках / Г.Л. Гладков, В.В. Беликов // Методы и алгоритмы решения задач контроля и управления на транспорте: сб. научн. тр. -СПб.: СПГУВК, 1995. -С. 143-156.

6 Погодин, А.В. Численное моделирование речного потока на полномасштабной модели речного участка / А.В. Погодин // IX Международная научно-практическая конференция STAR Russia-2014: сб. тезисов докладов. -Н.Новгород: Саратовский Инженерный Центр, 2014. -С. 23-25.

7 Van Rijn, L.C. Sedimenttransport. PartI: Bedloadtransport / L.C. Van Rijn // J. Hydraul.Eng., -1984. -110(10). -P. 1431-1456.

8 Simons D.B. Sediment Transport Technology: Water and Sediment Dynamics Water Resources Publication / Simons Daryl B., Şentürk Fuat // Technology & Engineering. -1992. Jan 1. -897 p.

9 Ситнов А.Н. Совершенствование методических подходов использования гидродинамического метода для оценки влияния разработки русловых карьеров на безопасность судоходства / А.Н. Ситнов, А.В. Погодин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. -Н.Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2014, Вып. 41. -С. 45-53.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карьеры нерудных строительных материалов, численное моделирование, русловые деформации, положение свободной поверхности воды

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Погодин Артём Вячеславович, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ситнов Александр Николаевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 603950, г.Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5а, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ РУСЛА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Шамова, Д.А. Мерзляков

TO THE QUESTION ABOUT THE CHANGES TO THE RIVERBED DOWNSTREAM

Siberian state university of water transport

V.V. Shamova, D.A. Merzlyakov

The article covers the key points of the management concept of the river runoff in conditions of its unsteady formation and use. The concept consists of several blocks: analysis of initial information of river runoff, selection of runoff model, scenarios of transformation, the methodology of obtaining characteristics (including selective) modified sequences of runoff, strategy of management of river runoff in the presence reservoir of long.

Keywords: conception, nonstationarity, riverbed, variant of transformation, characteristics of modified sequences

Излагаются основные положения концепции изменения русла реки в условиях нестационарности его формирования и использования. Концепция состоит из нескольких блоков: анализа исходной информации по руслу рек, выбора сценариев трансформации, методологии получения характеристик (в том числе и выборочных) модифицированных последовательностей, стратегии изменения при наличии негативных условий многолетнего регулирования.

Проблема управления водными ресурсами в наиболее общей постановке относится к классу иерархических, многоуровневых, оптимизационных задач, где используются эколого-экономические критерии [3]. В существующих эколого-экономических моделях влиянию антропогенных изменений на русло реки в нижнем бьефе уделяется недостаточное внимание. Между тем, он важен не только в связи с продуцированием информации для экономического и экологического анализа, но имеет и самостоятельное значение, когда в качестве критерия для выбора цели выступает надежность водоснабжения [1].

Особую сложность проблема приобретает в условиях нестационарности стокового процесса, возникающая как в связи с прямым воздействием хозяйственной деятельности, так и из-за последствий возможных антропогенных изменений климата [1, 2]. К числу нерешенных вопросов относится и режим изменения русла реки, отображаемый нестационарным распределением вероятностей. Учет факторов нестационарности требует новых подходов и затрагивает ряд основных теоретических разделов инженерной гидрологии и регулирования речного стока. В качестве критерия нами принята надежность водоснабжения. Концепция состоит из ряда блоков, имеющих системообразующее значение: от анализа исходной информации по руслу рек до исследования явлений нестационарности в сложных водохозяйственных формированиях. Исследование проблемы управления водными ресурсами в условиях нестационарности предполагает, прежде всего, оценку однородности исходной информации.

На примере исследования Красноярской ГЭС выявлено нарушение транспортной и миграционной функций реки Енисей, что указывает на наибольшую проблематичность. Размы-

вы русла наблюдались ниже ГЭС только в период ее строительства, позднее уровни воды стабилизировались. На рельеф дна и уровни воды наибольшее влияние оказывают карьеры песчано-гравийного материала (таблица). В пределах города Красноярска объемы добычи за последние годы составили более 40 млн. м³. Добыча песчано-гравийного материала оставила после себя ложбины с глубинами в межень до 8-9 м, иногда занимающие до половины ширины русла или даже полностью боковые рукава. Результаты изменения рельефа русла привели к посадке уровней воды, которая в 1982 г. составляла 55 см, а за период 1989-1991 гг. уровни воды понизились 15 см [4].

Таблица – Распространение русловых деформаций различных видов на верхнем Енисее до и после зарегулирования стока, % от длины береговой линии

Период наблюдений	Местные			Общие	
	прямолинейное русло	разветвленное русло	извилистое русло	в основных рукавах	во всем поясе разветвления
До зарегулирования стока (1938-1978 гг.)	22	5	33	30	10
После зарегулирования стока (1978-1992 гг.)	52	7	16	25	0

В результате Саяно-Шушенское водохранилище перехватило сток наносов, поступающих с Саянских гор. В нижнем бьефе ГЭС стал осуществляться размыв дна, согласно анализу кривых связи расходов и уровней воды на гидрологических постах. После перекрытия Енисея плотиной глубинная эрозия сопровождается посадкой уровней воды, которая наблюдалась на приплотинном участке. Размыв образовал волну аккумуляции наносов, которая смещалась вниз по течению на десятки километров. Общие деформации затрагивают участки большой протяженности, в результате чего форма русла в целом заметно изменяется. Подобные явления наблюдаются на реке Обь. В районе города Новосибирска и ниже по течению гидрологические проблемы связаны с изменением русловых процессов, воздействием на них Новосибирской ГЭС, разработкой карьеров песчано-гравийной смеси, проведением дноуглубительных и выправительных работ, влиянием водозаборов и мостов. Новосибирское водохранилище задерживает практически все транзитные наносы реки: в нижний бьеф поступает лишь 4% стока взвешенных наносов. В связи с этим, количество взвешенных наносов по гидропосту Новосибирск уменьшилось с 14 млн. т/год до 4 млн. т/год. Среднегодовая мутность уменьшилась с 247 г/м³ до 71 г/м³. Сравнение параметров на приплотинном участке приблизительно 30 км от участка створа ГЭС за 1956-1989 гг, показало, что практически на всем участке произошло заметное изменение русла реки с увеличением площади сечения, ширины и средней глубины русла. Ниже с. Могочино происходит постепенное укрупнение островов у правого берега, со смещением их вниз по течению со скоростью до 30-60 м в год, образуя новые острова. Вблизи с. Тискино интенсивность русловых переформирований значительна, более, чем 22 м в год, за счет роста островов в ширину. В 1966-1968 гг. оптимальный радиус судового хода был равен 4-5 км, в 1980 г. он уменьшился практически в два раза. Основными факторами изменения русла реки является, добыча песка и гравия. По данным Департамента природных ресурсов добыча ресурсов в следующих объемах:

- 2007 г. 1135 тыс. м³;
- 2008 г. 1368 тыс. м³;
- 2009 г. 490 тыс. м³;
- 2010 г. 1062 тыс. м³.

За последние 30 лет активной добычи было извлечено около 70 млн. м³ песчано-гравийной смеси. В результате чего меженные уровни в черте города Новосибирска понизились до 2 м, что остается одной из основных проблем городских водозаборов.

Так же определяющим значением в изменении русла реки является длительное колебание сумм осадков. На примере изменения содержания и состава взвешенных наносов в среднем и нижнем течении р. Лены видно, что результирующий эффект дождевого потока проявился в увеличении турбулентности взвесенесущего потока, в высокой концентрации в потоке детрита наземной растительности. После слияния с Алданом (обеспечивающий приток воды в фазу весенне-летнего половодья) русло Лены расширяется до 3-4 км, возрастает количество коммулятивных форм рельефа. В 1973 г. после сброса в нижний бьеф чрезвы-

чайно высоких расходов воды паводков на реке Ангара в летний период, произошел значительный размыв дна. На участке между 39-40 км судоходного хода отметки снизились до 2 м.

Климато-гидрологическая обусловленность на Горном Алтае, главным образом вызвана высоко-климатическими условиями. С середины 70-х гг. произошло интенсивное потепление воздуха в течение года. С 1976 по 2006 гг. температура в горах повысилась с интенсивностью 0,6-0,8 °С за 10 лет. В результате чего увеличились формирования максимумов воды в половодье с выходом на пойму. Определяющее значение имеют длительные колебания сумм осадков с периодом в 20–30 лет, единые для большей части реки.

В нижнем бьефе каскада Бурейской ГЭС водно-болотным угодьям угрожает деградация вследствие элиминации высоких паводков, что приведет к снижению биопродуктивности и постепенному зарастанию старичных озер.

Появление водохранилищ большой протяженности, трансформации поймы в нижних бьефах ГЭС приводят к разрыву единого русла, в котором происходит обмен видами растений и животных. Зарегулирование стока нарушает миграции рыб в направлениях река-море-река и в пределах речного бассейна, изменяются условия воспроизводства и питания рыб. Снижается видовой состав ихтиофауны, уменьшается продуктивность популяций осетровых, лососевых, миноги и др.

Анализ рассмотренных выше примеров позволяет сделать вывод, что гидрологический режим, климатообразующие факторы, антропогенное воздействие ведет к изменению русел рек в нижнем бьефе водохранилищ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шикломанов, И.А. Водные ресурсы России и их использование / И.А. Шикломанов и др. // Тр. ГГИ. -СПб.: ГГИ, 2008. - 598 с.
- 2 Данилов-Данильян, В.И. Управление водными ресурсами в условиях климатических изменений / В.И. Данилов-Данильян, В.Г. Пряжинская // Обоснование стратегий управления водными ресурсами. -М.: Науч. мир, 2006. -С. 97-122.
- 3 Данилов-Данильян, В.И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования / В.И. Данилов-Данильян, И.Л. Хранович. -М.: Науч. мир, 2010. -229 с.
- 4 Беркович, В.К. Русловые процессы Енисея в черте г.Красноярска: Факторы, проявления / В.К. Беркович, В.В. Иванов // Тринадцатое планетарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. -Псков: ПГПИ, 1998. -С. 177-178.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: концепция, нестационарность, русло реки, сценарий трансформации, характеристики модифицированных последовательностей

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Шамова Вера Васильевна, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Мерзляков Денис Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ИСКРООБРАЗОВАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.А. Смирнов, А.А. Кузнецов, Е.Ю. Копытов, С.С. Михалева

IMPROVING OF RAILWAY TANKS CLEANING TECHNOLOGY BY REDUCING OF SPARKING POTENTIAL

Omsk state transport university

V.A. Smirnov, A.A. Kuznetsov, E.Yu. Kopytov, S.S. Mikhaleva

In article studying complex process of preparation of cars for definition of possible sparking of both the mechanical, and static phenomenon with development of technical actions and recommendations about decrease of sparking risks.

Keywords: flushing and steaming stations, static electricity, grounding contour, steam strut, sparking

Проведено комплексное изучение процесса подготовки вагонов для определения возможного искрообразования как механического, так и статического явления с разработкой технических мероприятий и рекомендаций по снижению рисков искрообразования.

Развитие нефтехимической отрасли промышленности предъявляет высокие требования к переработке, транспортировке и безопасной эксплуатации высокотехнологического оборудования, в том числе железнодорожного транспорта.

Промывочно-пропарочные станции (ППС) подготовки нефтеналивных цистерн работают в условиях, сопровождаемых опасными факторами – повышенными температурами, давле-

нием, агрессивной средой, возможностью образования высоковольтных разрядов статического электричества.

Повышение производительности труда и объемов транспортируемых продуктов накладывают требования обеспечения безопасных условий труда обслуживающего персонала.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика или проводника достигает критического, пробивного напряжения (для воздуха пробивное напряжение составляет от 1 до 3 кВ/мм).

Определить величину электрического заряда при истечении пара в цистерну не представляется возможным из-за трудностей измерения.

Для выявления потенциальной опасности статического искрообразования при пропаривании цистерн и резервуаров проводились эксперименты по качественной оценке электризации пара, подаваемого по паропроводу из диэлектрического материала (резиновый шланг диаметром 31,8 мм и длиной 5 м) [1, 2]. Технология пропаривания с использованием гибких резиноканевых паровых рукавов широко используется до настоящего времени. Схема накопления зарядов показана на рисунке 1.

В ходе эксперимента на уменьшенной модели резервуара при истечении влажного пара наблюдалась значительная электризация. Максимальная сила тока электризации составляла $1,35 \cdot 10^{-6}$ А, максимальная объемная плотность электрического заряда 10^{-6} Кл/м³. По замечаниям авторов в реальных условиях на стенках паропроводов перед пуском пара всегда имеется конденсат, что обуславливает значительную электризацию пара в начальный момент пуска даже при использовании перегретого (сухого) пара [3, 4, 6].

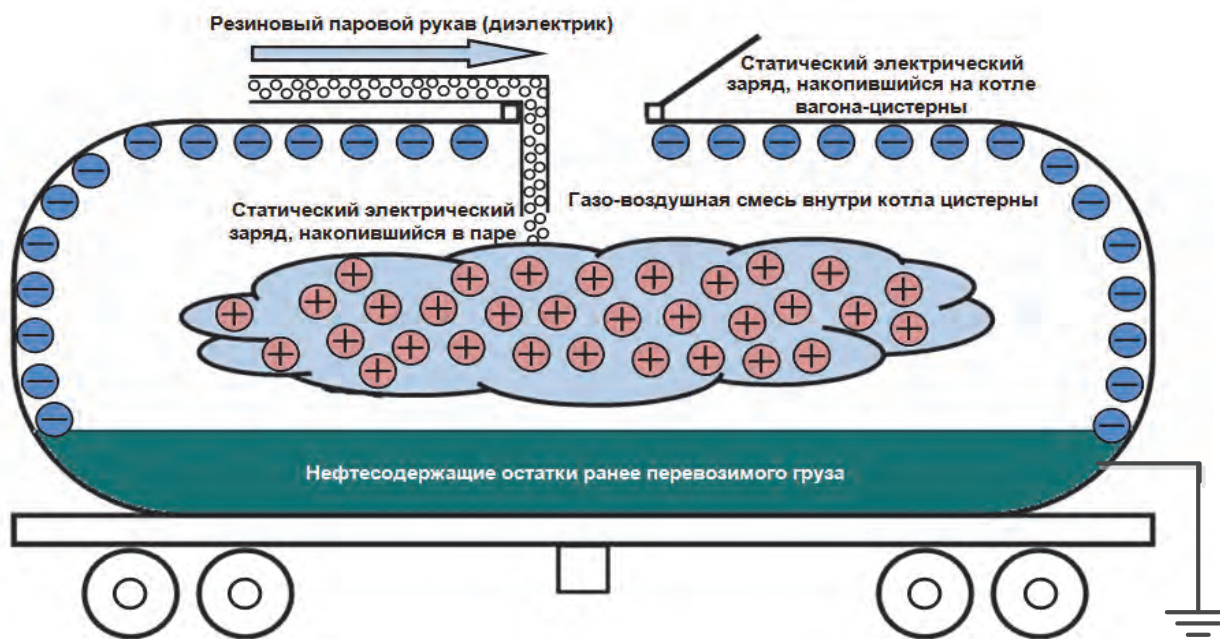


Рисунок 1 – Процесс накопления заряда статического электричества

Возникающие на поверхности материала оболочки-вкладыша заряды по мере их накопления приводят к возникновению электрических разрядов в местах складок при этом напряженность электрического поля может быть близка к пробивному значению и воспламенению смеси паров нефтепродуктов с воздухом.

Нейтрализация заряда статического электричества при пропаривании цистерн с использованием гибких паровых рукавов, изготовленных из диэлектрического материала, обеспечивается надежным электрическим соединением парожектора с котлом цистерны вагона при условии исправного контура заземления рельсовой цепи.

Руководствуясь этими принципами, реализуются взрывозащитные мероприятия, включающие в себя установку на гибкие паровые рукава специальных прожекторов из искронеобразующего токопроводящего материала, обеспечивающего электрический контакт между парожектором и котлом цистерны. Для надежного заземления самого котла цистерны предусмотрено дополнительное заземляющее устройство (медный шунт-заземлитель с зажимом типа «крокодил» на конце).

Другой вариант пропарки вагонов осуществляется на открытых эстакадах ППС, путем установки в загрузочный люк стальной паровой укосины с последующей подачей пара. Процесс осуществляется в соответствии с государственным стандартом и установленной технологией производства работ на ППС.

Конструкция наконечника такой паровой укосины приведена на рисунке 2. Конструкция состоит из стальной трубы 1 и наконечника 2 из медного или алюминиевого сплава. В условиях повышенных температур (водяной пар под давлением при температуре свыше 200°C), соединение работает в режиме образования термо-ЭДС. Термоэлектродвижущая сила возникает при разности потенциалов на концах однородного или неоднородного материала при создании на его концах разности температур

$$\frac{d\varphi_i}{dT} = \alpha, \quad (1)$$

где $d\varphi_i$ – изменение разности потенциалов при изменении разности температур на концах материала;

α – термо ЭДС, В/К.

При изменении температуры контакта величина разности потенциалов на концах цепи определяется разностью энергий Ферми электронов металлов «А» и «В», которая характеризуется значением энергий уровней Ферми в них

$$\varphi = \mu_B - \mu_A = \frac{h^2}{2} \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3} \left(\frac{n_B^{2/3}}{m_B^*} - \frac{n_A^{2/3}}{m_A^*} \right), \quad (2)$$

где μ – положение уровня Ферми;

n – концентрация электронов;

m^* – эффективная масса электронов;

h – постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с.

Следовательно, внутренняя контактная разность потенциалов на контакте двух металлов определяется концентрацией электронов в изолированных металлах и их эффективными массами. Для металлов $d\varphi_i \sim 10^{-3} - 10^{-2}$ мВ. Значения α зависят от природы соприкасающихся проводников и для любой пары металлов или металла и полупроводника различно.

При заземлении стальной трубы паровой укосины, на алюминиевом наконечнике образуется большой отрицательный потенциал. При длительной эксплуатации в зоне резьбового соединения образуется изолирующий оксидный слой, приводящий к потере электрической связи алюминиевого наконечника с контуром заземления. Таким образом, алюминиевый наконечник, сохраняя свойства ударной защиты от образования искры, способствует увеличению переходного сопротивления и увеличивает степень электризации при прохождении через него перегретого пара.

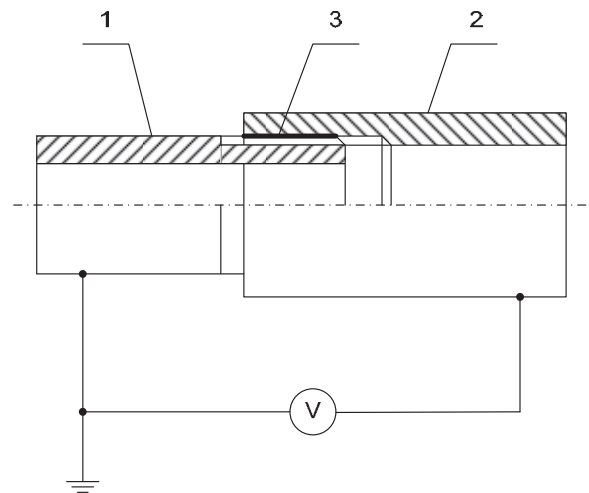


Рисунок 2 – Наконечник паровой укосины

Таблица – Результаты измерений термо-ЭДС материалов наконечника, мВ

Материал	при 20 °С	при 200 °С
Сталь-алюминий	52	108
Сталь-латунь	45	76

В лабораторных условиях проведены измерения термо-ЭДС двух наконечников – из алюминиевого сплава и латуни. Результаты измерений представлены в таблице. В результате проведенных измерений получено, что в соединении сталь-латунь вырабатывается меньший уровень термо-ЭДС, чем соединение сталь-алюминий, что способствует меньшей электризации перегретого пара, при движении по трубопроводу. При длительной эксплуатации оксидной пленки, ухудшающей электропроводность составной трубы сталь-латунь, не образуется.

В результате проведенных экспериментов установлено:

– наконечник паровой укосины, выполненный из алюминиевого сплава, обеспечивает

искробезопасность при фрикционном взаимодействии;

– при длительной эксплуатации в соединении сталь алюминий образуется изолирующая оксидная пленка, ухудшающая электрическую связь с контуром заземления;

– при сравнении двух материалов (алюминий и латунь) наконечника паровой укосины лучшими свойствами обладает соединение сталь-латунь, обеспечивающая меньший уровень электризации водяного пара.

В качестве материала паропровода укосины предложено использовать сталь 12Х18Н10Т, относящую к хромоникелевым (нержавеющим) сталям аустенитного класса [5].

Общий вид предлагаемого приспособления для пропарки котлов цистерн представлен на рисунке 3.

Преимущества предлагаемой конструкции заключаются в следующем: жесткая фиксация паровой укосины; экономия на паровых рукавах; снижение нагрузки на рабочего-пропарщика; конструкция шарнира исключает возможность утечек пара и обеспечивает электрическую связь; для исключения ожогов при установке отведении укосины предусмотрена ручка; в месте опирания укосины на люк цистерны предусмотрена вставка из искробезопасного металла, обеспечивающая электрическую связь цистерны с укосиной для отвода статического электричества; применены жаропрочные, коррозионностойкие материалы.

С учетом направления использования (работа в условиях повышенной температуры, наличие агрессивной паровоздушной среды), предполагаемого способа технологической обработки (токарная обработка, гибка), стоимости и доступности на рынке цветных металлов в качестве материала искробезопасного наконечника паровой укосины была предложена латунь марки Л63.

В результате проведенного теоретического обоснования, экспериментальных исследований и проведенных измерений предложена новая конструкция одного из наиболее вероятных элементов, влияющих на образование искры и создания аварийных ситуаций – паровой укосины. Разработана конструкция с применением новых материалов, исключающих образование искровых разрядов при выполнении операции промывки, пропаривания и подготовки выгонов-цистерн.

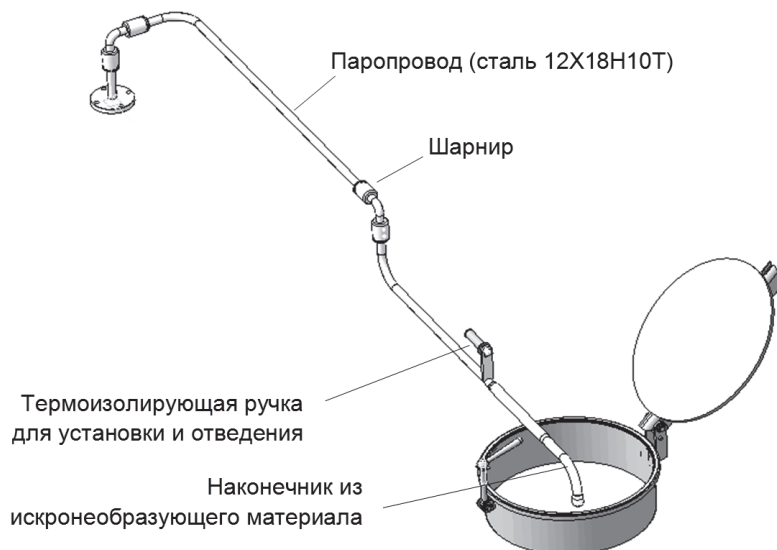


Рисунок 3 – Конструкция устройства для пропаривания котлов цистерн

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Максимов, Б.К. Статическое электричество в промышленности и защита от него / Б.К. Максимов, А.А. Обух. -М.: Энергоатомиздат. 2000. -96 с.
- 2 Черкасов, В.Н. Защита взрывоопасных сооружений от молнии и статического электричества / В.Н. Черкасов. -М.: Стройиздат. 1984. -80 с.
- 3 Овчаренко, А.Г. Контроль электризации в технологических процессах / А.Г. Овчаренко, С.А. Раско // Ползуновский вестн. -2008. -№1-2. -С. 4-10.
- 4 Веревкин, В.Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита / В.Н. Веревкин, Г.И. Смелков, В.Н. Черкасов. - М.: МИЭЭ. 2006. -170 с.
- 5 Тютяев, А.В. Исследование причин воспламенения газовоздушной смеси нефтепродуктов при заполнения резервуаров дизельным топливом / А.В. Тютяев, А.С. Должников, И.С. Зверева // Фундаментальн. исслед-ния. -2013. -№6. -С. 873-876.
- 6 Ким, К.К. Использование лазерного локатора для дистанционного мониторинга состояния железнодорожных цистерн, перевозящих сжиженные газы / К.К. Ким, В.И. Дудкин, С.В. Рубинов / Тезисы докл. межд. науч.-практ. конф. Техносферная и экологическая безопасность на транспорте. -СПб.: ПГУПС. 2014. -С. 44-49.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: промывочно-пропарочные станции, статическое электричество, контур заземления, паровая укосина, искрообразование

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Смирнов Виктор Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Кузнецов Андрей Альбертович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Копытов Евгений Юрьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»
Михалева Светлана Сергеевна, аспирант ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

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

К УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

О.А. Бендер

TO STABILITY OF DREDGING AT CONSTRUCTION OF HIGHWAYS IN PERMAFROST DISTRIBUTION AREAS
Siberian state transport university
O.A. Bender

In article the characteristic of permafrost-soil conditions of the highways construction region of along the route BAM is given. The principles are formulated and actions of ensuring local stability of dredging slopes are offered.

Keywords: highways, Baikal-Amur railroad, stability of dredging slopes, permafrost

Дана характеристика мерзлотно-грунтовых условий региона строительства автомобильных дорог вдоль трассы БАМ. Сформулированы принципы и предложены мероприятия обеспечения местной устойчивости откосов выемок.

В настоящее время в условиях изменения геополитических интересов России изменился вектор экономического развития, сместившийся в Юго-Восточном направлении и в первую очередь в сторону Китая. Наряду с инновационным остается приоритетным ресурсный путь развития экономики. В этой связи принята и реализуется Программа модернизации Байкало-Амурской Магистральной, реанимирующая проблему развития производства в зоне БАМа, которое будет концентрироваться вокруг промышленных узлов и перспективных территориально производственных сочетаний. Очередность и темпы их формирования определяются инвестициями и дальнейшим развитием инфраструктуры. К основным из них относятся Усть-Кутский, Киренский, Лено-Казачинский, Северо-Байкальский, Витимский, Бодайбинский, Удоканский, Тындинский, Южно-Якутский, Верхне-Зейский, Селемджинский, Ургальский, Березовский, Комсомольский, Алданский промышленные узлы.

Актуальной встает проблема создания сети автомобильных дорог, примыкающих к узловым станциям БАМ. Технической проблемой их проектирования и строительства становятся природно-климатические и мерзлотные условия региона [3].

Опыт эксплуатации выемок на железных и автомобильных дорогах Сибири и Востока нашей страны показал, что на эти сооружения приходится большая часть деформаций земляного полотна. Это подтверждено рядом исследований, результаты которых обсуждались на 2-м Международном симпозиуме по проблемам земляного полотна в холодных регионах [1,2,4]. В сравнении с насыпями и земляным полотном в нулевых отметках выемки работают в гораздо худших температурно-влажностных условиях, которые еще более усложняются при наличии вечномерзлых грунтов.

Приведем характеристику мерзлотно-грунтовых условий региона вдоль трассы БАМ, как зоны строительства радиальных автомобильных дорог.

Участок Лена-Кунерма. С точки зрения мерзлотно-грунтовых условий на этом участке трассы выделены 4 характерных типа местности:

– Склоны долины рек Лены, Таюры и Нии с островным распространением многолетнемерзлых грунтов, представленных щебеночно-глыбовым материалом с суглинистым и песчаным заполнителем до 30%. Наиболее распространенная температура многолетнемерзлых грунтов $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Число участков этой группы 24 общим протяжением 24 км. Глубина залегания многолетнемерзлых грунтов от 0,5 до 3,0 м.

– Склоны долин и водоразделов сложены суглинистыми, щебенистыми и глыбово-щебенистыми отложениями с суглинистым заполнителем (более 30%). Многолетнемерзлые породы имеют островное распространение. Число участков этого типа 36 общим протяжением 23,4 км. Наиболее распространенная температура многолетнемерзлых грунтов от $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Глубина залегания верхней границы многолетнемерзлых грунтов от 0,5 м до 1,5 м.

– Участки островного распространения многолетнемерзлых грунтов невысокой льдонасыщенности с температурами от $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Глубина залегания верхней границы многолетнемерзлых грунтов 0,5-1,5 м., а их мощность 8-20 м и более. Таких участков 18 общим протяжением 2 км.

– Участки сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов высокой льдонасыщенности. Температура многолетнемерзлых грунтов от $-0,2^{\circ}\text{C}$ до $-1,2^{\circ}\text{C}$, а глубина залегания их верхней границы от 0,5 м до 3,0 м. Участков этой группы 27 общим протяжением 30 км. На этом участке широко развиты наледы, термокарст, гидролаккалиты и солифлюкционные процессы.

Участки Кунерма – Уоян, Уоян – Чара. Данные участки включают в себя горные области (хребты Байкальский, Северо-Муйский, Кодарский Мунканский, Южно-Муйский, Удоканский) с абсолютными отметками от 1300 м до 3000 м. и межгорные впадины (Байкальская, Верхне-Ангарская, Муйско-Коандинская и Верхнечарская), имеющие преимущественно холмисто-равнинный рельеф. Межгорные впадины имеют ширину от 10 до 40 км, протяженность до 120 км и абсолютные отметки от 400 м до 780 м. Климат данного участка резко континентальный, постепенно по направлению к востоку приобретающий элементы муссонного типа. Среднемесячные скорости ветра лежат в пределах от 0,8 до 3,6 м/сек. Преобладают ветры северо-восточного и юго-восточного направлений. Наиболее сильным ветрам северного и северо-западного направлений подвергаются гребни гор.

Мерзлотно-грунтовые условия горной части участка очень разнообразны. В районах Байкальского хребта (межгорье Кунерма-Тыя) многолетнемерзлые грунты имеют островное распространение, температуру на глубине нулевых амплитуд от -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$, глубину залегания верхней границы многолетнемерзлых грунтов: в связанных грунтах 3,5 м, в грубообломочных – 5 м, в торфяных образованиях – 0,8 м и в пылеватых песках – 3,5 м. В районе Северо-Муйского хребта (междуречье Ангаракан-Окусикан) и Кодарского хребта (межгорье Коанда-Чара) многолетнемерзлые грунты имеют сплошное распространение с редкими таликами под крупными и средними водотоками. Глубина залегания верхней границы многолетнемерзлых грунтов: в связанных грунтах на пониженных участках 0,8-1,2 м, в грубообломочных грунтах на понижениях, склонах северной экспозиции и на заболоченных участках 1,5-2,0 м, а на крутых склонах южной экспозиции 3,0 м, в торфяных грунтах 0,6 м. Протяженность участков с многолетнемерзлыми грунтами в пределах этих районов составляет около 130 км. В районе Байкальской и Верхне-Ангарской межгорных впадин (межгорье Тыя-Ангаркан) многолетнемерзлые грунты участка между реками Тыя-Огдында имеют островное распространение с глубиной залегания верхней границы в связанных грунтах 0,8-1,2 м, в торфяных грунтах – 0,6 м и в крупнообломочных – 1,5-2,0 м. Остальная часть участка трассы в районе Байкальской и Верхне-Ангарской впадин характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых грунтов с редкими таликами под крупными редкими водотоками. Протяжение участков с многолетнемерзлыми грунтами в пределах этих впадин составляет около 130 км. В районе Муйско-Коандинской и Верхне-Чарской межгорных впадин (межгорье Окусикан-Коанда) многолетнемерзлые грунты имеют сплошное распространение с таликами под крупными реками и на участке задровой равнины. Протяжение участков с многолетнемерзлыми грунтами в пределах этих впадин составляет 144,7 км. Из мерзлотных явлений на всем участке трассы Кунерма-Чара наиболее широко развиты: наледы, бугры пучения, солифлюкционные явления, термокарст, морозобойные трещины.

Участки Чара-Тында, Тында-Ургал. Наибольшая мощность многолетнемерзлых грунтов наблюдается на участке Тында-Нора по глубоким узким долинам мелких рек, нижним частям склонов северных экспозиций и долинам рек Дубакит, Гулик и др. Минимальные мощности характерны для южных пологих склонов и плоских водоразделов в юго-восточной части района. Многолетнемерзлые грунты на таких участках обычно отсутствуют вообще. Температура многолетнемерзлых грунтов от $-0,2^{\circ}\text{C}$ до $-0,3^{\circ}\text{C}$. Наиболее низкие температуры многолетнемерзлых грунтов (-3°C) наблюдаются в пределах хребта Тукурингра и его острогов, особенно в глубоких долинах и на склонах северной экспозиции. Верхняя граница многолетнемерзлых грунтов залегает на моховой мари на глубине 0,4-0,8 м, а на склонах, лишенных мохового покрова, на глубинах 2,5-3,0 м. Протяженность участков с островным распространением многолетнемерзлых грунтов составляет 68 км со сплошным распространением – 29 км. На этом участке трассы широко развиты наледы, бугры пучения, термокарст, морозобойные трещины.

Участок Ургал-Комсомольск. По мерзлотно-грунтовым условиям весь участок можно разделить на:

– Участок от ст. Ургал до р. Эгано. протяженностью 77 км, где многолетнемерзлые грунты имеют сплошное распространение. На ст. Ургал их мощность 24-70 м и температура $-0,3^{\circ}\text{C}$, на хребте Дуссе-Алинь их температура понижается до минус $2,8^{\circ}\text{C}$ при мощности око-

ло 30 м. Глубина залегания верхней границы многолетнемерзлых грунтов на марях и сырых склонах северной экспозиции от 0,3 м до 0,8 м, на сухих склонах северной экспозиции от 1,2 м до 4,4 м, на склонах южной экспозиции – до 2,2 м;

– Участок от р. Эгано до р. Джамку протяженностью 120 км, где многолетнемерзлые грунты имеют островное распространение и где общее протяжение трассы БАМ, уложенной на многолетнемерзлых грунтах составляет 49 км. Отдельные острова многолетнемерзлых грунтов имеют мощность от 5 м до 18 м и залегают на небольшой глубине.

– Участок от р. Джамку до г. Комсомольск, где многолетнемерзлые грунты не обнаружены. В пределах участка Ургал-Комсомольск распространены мари, наледы, валунные поля с наледями, термокарст, погребенные льды.

Оценка устойчивости выемок в районах распространения вечной мерзлоты, на наш взгляд, должна производиться на следующих трех стадиях их сооружения и эксплуатации [5]:

– Нарушение естественного температурно-влажностного состояния вечномерзлых грунтов на откосах и в основании выемки в период ее сооружения (удаление растительного и мохо-торфяного покрова, вырезка сезонно оттаивающего слоя и толщи мерзлого грунта, как минимум, на высоту выемки, устройство водоотводов и т.д.).

– Формирование нового квазиустановившегося температурно-влажностного режима грунтов в откосах и в основании выемки, соответствующего вновь сложившимся условиям тепло- и влагообмена, поверхности грунта с атмосферой (деградация мерзлоты, изменение верхней ее границы и глубины верховодки, инфильтрация поверхностных вод в откосах выемки и т.п.).

– Сезонное изменение температурно-влажностного состояния грунтов в откосах и основании выемки в многолетнем цикле промерзания и оттаивания (разупрочнение грунтов при циклическом промерзании – оттаивании, миграция влаги к границе промерзания, переувлажнение грунтов при снеготаянии и дождевых осадках и т.д.).

И если первые две стадии и связанные с ними деформации выемок присущи лишь области вечной мерзлоты, то третья имеет место в равной мере и в районах глубокого сезонного промерзания и в районах распространения вечномерзлых грунтов.

При проектировании и строительстве автомобильных дорог в таких условиях необходимо учитывать следующие формы нарушения устойчивости:

– эрозионные деформации: смыв мерзлого грунта по мерзлому грунту; смыв талого грунта по мерзлому; смыв и размыв талого грунта по талому в пределах активной зоны оттаивания;

– сплывы: солифлюкционные, связанные с деградацией верхней границы вечномерзлых грунтов при разработке выемки; солифлюкционные, связанные с процессами промерзания-оттаивания в пределах активной зоны за счет миграции влаги, роста ледяных включений;

– деформации пластического течения, обусловленные изменением вязких свойств глинистых грунтов в пределах активной оттаявшей зоны.

При проектировании и строительстве автомобильных дорог в таких условиях следует соблюдать следующие принципы обеспечения местной устойчивости.

– Обеспечение местной устойчивости откосов выемок, разрабатываемых в вечномерзлых грунтах, должно осуществляться комплексно и включать: установление вероятности возникновения деформаций в оттаивающих поверхностных слоях. Уточнение конструкции откоса выемки, намеченной предварительно на основе оценки общей устойчивости или других соображений. Выбор и назначение комплекса мероприятий по обеспечению местной устойчивости.

– Принцип обеспечения местной устойчивости откоса выемки должен соответствовать принципу обеспечения устойчивости земляного полотна в целом. Согласно общепринятым принципам проектирования земляных сооружений в условиях вечной мерзлоты.

– Комплекс мероприятий назначают согласно принятому принципу обеспечения местной устойчивости. Он должен включать следующие мероприятия: конструктивные: снижение крутизны откоса, снижение напорных градиентов выклинивающихся надмерзлотных вод, укрепление поверхности откосов, назначение защитных и изолирующих слоев на поверхности откоса, выбор и назначение несущих конструкций; регулирование поверхностного стока при помощи водоотводных и сбросных лотков, системы водоотводных канав; технологические: порядок разработки и сроки сооружения земляного полотна в вечномерзлых грунтах; устройство строительного водоотвода; эксплуатационные: устранение повреждений конструк-

ций укреплений; уборка деформированного грунта с закуветных полок и систем водоотвода.

Руководствуясь опытом строительства Байкало-Амурской Магистрали и изложенным подходом к устойчивости выемок при строительстве автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты можно избежать ряда проблем, вскрывшихся при обследовании состояния автомобильных дорог этого региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кудрявцев, С.А. Исследование процессов промерзания и оттаивания земляного полотна железных дорог, реконструируемых участков второго пути Байкало-Амурской магистрали на вечномерзлых грунтах / С.А. Кудрявцев, А.В. Кажарский, Я.А. Швец, В.В. Медведев // Второй Международный симпозиум по проблемам земляного полотна в холодных регионах: материалы симпозиума. 24-26 сентября 2015 г. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. -С. 12-17.

2 Кондратьев, В.Г. Земляное полотно дорог на льдистых многолетнемерзлых грунтах: проблемы и пути их решения / В.Г. Кондратьев, Н.А. Валиев, С.В. Кондратьев // Второй Международный симпозиум по проблемам земляного полотна в холодных регионах: материалы симпозиума. 24-26 сентября 2015 г. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. -С. 26-32.

3 Кондратьев, В.Г. Инженерно-геокриологический мониторинг Байкало-Амурской магистрали: опыт, проблемы, задачи / В.Г. Кондратьев // Путь и путевое хозяйство, -2012, -№10. -С. 26-31.

4 Ярмолинский, В.А. Регулирование водно-теплового режима автомобильных дорог Дальнего Востока для повышения их надежности в процессе эксплуатации // Второй Международный симпозиум по проблемам земляного полотна в холодных регионах: материалы симпозиума. 24-26 сентября 2015 г. -Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. -С. 127-133.

5 Ярмолинский, В.А. Пути повышения надежности работы дорожных конструкций региональной автодорожной сети Дальнего Востока / В.А. Ярмолинский, А.В. Лопашук // Транспортное строительство. -2012. -№3. -С. 6-9.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *автомобильные дороги, Байкало-Амурская магистраль, устойчивость откосов выемки, вечномерзлые грунты*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Бендер Оксана Анатольевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»*

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Д.Н. Плотников, Ю.В. Дёмин, Б.В. Палагушкин, Е.Г. Алаев,
А.Ю. Кузнецов, А.С. Герасименко**

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF MEASUREMENT OF CONCRETE STRENGTH

Siberian state university of water transport

D.N. Plotnikov, Yu.V. Demin, B.V. Palagushkin, E.G. Alaev, A.Yu. Kuznetsov, A.S. Gerasimenko

The article presents a comparative analysis of the developed non-destructive method of quality control of concrete structures, the parameters of their electromagnetic emission with the known traditional methods.

Keywords: device, strength, concrete, non-destructive control

Представлены материалы сравнительного анализа разрабатываемого неразрушающего метода контроля качества железобетонных конструкций, по параметрам их электромагнитной эмиссии с известными традиционными методами.

Проведен сопоставительный анализ измерений, выполненных с использованием аппаратуры электромагнитного эмиссионного контроля и выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью приборов неразрушающего контроля прочности бетонов. В качестве примера представлены результаты замеров, выполненных в процессе контроля технического состояния путепровода на автодороге Томск-Богашево. Для сравнительного анализа использовался электронный измеритель прочности бетона российского производства ИПС-МГ4 и итальянского производства – склерометр С181.N. Измерения прочности бетона, по возможности, осуществляли в одних и тех же областях конструкций путепровода, как с помощью аппаратуры электромагнитного эмиссионного контроля, так и с помощью склерометров. Значения прочности, полученные с использованием этой аппаратуры, приведены в таблице. Для каждого типа конструкций путепровода приведены значения прочности, усредненные не менее чем по 15-20 измерениям, выполненным как в различных местах одной и той же конструкции, так и на различных конструкциях данного типа. Как видно из представленной таблицы, средние значения прочности бетонов, измеренные электромагнитным эмиссионным методом и с использованием измерителя ИПС-МГ4 отличаются незначительно. В основном разница между ними не превышает 10%.

Однако более тщательный сопоставительный анализ двух методов контроля показывает, что полной идентичности между этими способами контроля не наблюдается. Более того,

имеется достаточно большое число случаев, когда прочности, замеренные с использованием склерометра ИПС-МГ4, существенно отличались от прочности, определенной по сигналам электромагнитной эмиссии. Эти отличия вполне объяснимы.

Таблица – Сопоставительный анализ результатов неразрушающего контроля прочности, выполненных с использованием электромагнитного эмиссионного метода и прибором ИПС-МГ4

Наименование конструкции	Средние значения механической прочности, МПа		
	электромагнитный эмиссионный метод	склерометр ИПС-МГ4	среднее значения
Балки пролетных конструкций	42,1	45,3	43,7
Сваи опор	39,3	41	40,1
Шкафная часть	46,9	34	40,4
Насадки	49,7	38,4	44
Вывешенная часть	39,9	–	–
Средние значения по всем конструкциям	43,6	39,7	42

Склерометры, по своей физической сущности, измеряют не прочность бетона, а его поверхностные механические свойства (твердость) в точке удара. В отличие от склерометров, методы, основанные на явлении электромагнитной эмиссии, реагируют на наличие дефектов структуры в бетоне. Именно дефекты определяют прочностные свойства бетонов. Поэтому электромагнитные эмиссионные методы должны более достоверно отражать реальные значения прочности. Электромагнитные эмиссионные методы, в отличие от склерометров, измеряют интегральные значения прочности в некотором объеме материала, а не только на его поверхности в точке воздействия, что также обеспечивает более высокое качество контроля по сравнению с ИПС-МГ4.

Для подтверждения этих выводов были проведены специальные исследования на заранее подготовленной партии из 24 образцов бетона. Предварительно были измерены прочности каждого образца с помощью прибора EMISSION, отечественного склерометра ИПС-МГ4 и склерометра С181.N итальянского производства. После замеров прочности всеми вышеперечисленными способами образцы были разрушены на прессе и определены реальные значения прочности каждого образца.

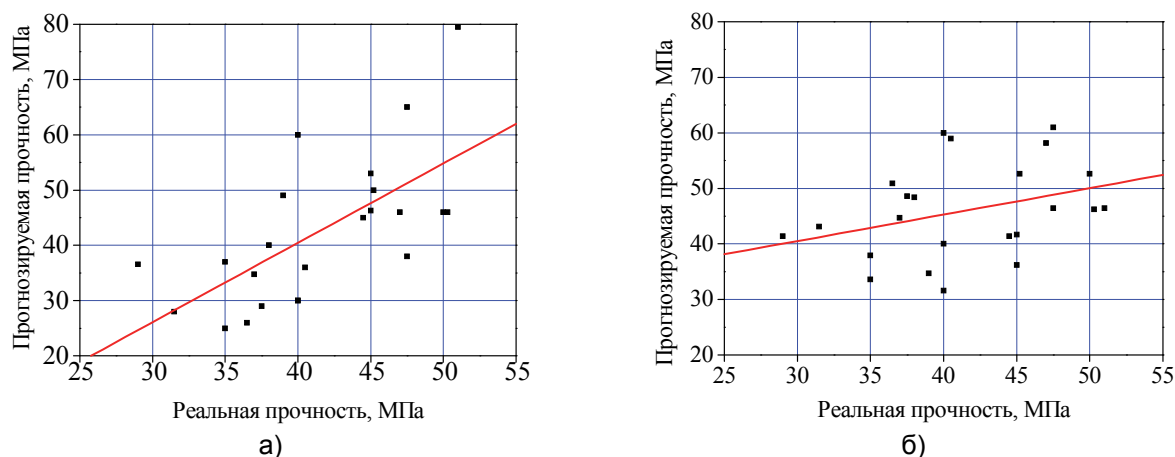


Рисунок 1 – Взаимосвязь прогнозируемых и реальных значений прочности бетона, по результатам замеров: а)-прибор «EMISSION»; б)-прибор ИПС-МГ4

Анализ полученных результатов показал, что измерения прочности склерометрами как отечественного, так и зарубежного производства дают правильные результаты только при условии многократных замеров и усреднении по многим образцам. Значения прочности, определенные по показаниям склерометров на различных образцах или в различных точках конструкции могут в два-три раза отличаться от реальных значений прочности, определенных путем разрушения (рисунок 1 и 2).

Как видно из приведенных рисунков, наиболее плохие результаты получены при использовании склерометра итальянского производства (рисунок 2). Независимо от реальной прочности образцов, которая в данном эксперименте варьировала от 290 до 510 МПа, склерометр показывал одну и ту же прочность для всех образцов, порядка 40-50 МПа. Показания склерометра практически не зависели от прочности бетона, о чем свидетельствует очень

маленький наклон прямой на рисунке 2.

Более чувствительным к реальной прочности бетона оказался прибор ИПС-МГ4 (см. рисунок 1). Но и для него существует достаточно большой разброс точек на полученной зависимости. Более высокую точность контроля показал электромагнитный эмиссионный способ контроля, реализованный в приборе «EMISSION» (см. рисунок 1). Точность контроля прочности бетонов этим способом не менее чем в два раза выше по сравнению со склерометрами. Об этом говорят как приведенные на рисунках зависимости, так и коэффициенты корреляции между значениями прочности и показаниями приборов. Для прибора «EMISSION» коэффициент корреляции составил 0,66; прибора ИПС-МГ4 – 0,34; С181.N – 0,39. Отметим, что в этих экспериментах «умышленно» использовались образцы с различным составом, поскольку в реальных условиях не всегда известен состав контролируемого материала. Образцы отличались также заполнителем. В части образцов, в качестве заполнителя, был гравий, в другой части щебень. Если разделить эти образцы на партии и проанализировать результаты для каждой партии, то можно сделать следующие выводы. Склерометры дают невысокую точность как для образцов с гравием, так и для образцов со щебнем. Коэффициенты корреляции для бетонов любой партии по показаниям склерометров не превышают (0,3-0,4). При использовании электромагнитного эмиссионного метода для образцов с гравием коэффициент корреляции составил 0,87, а со щебнем 0,78.

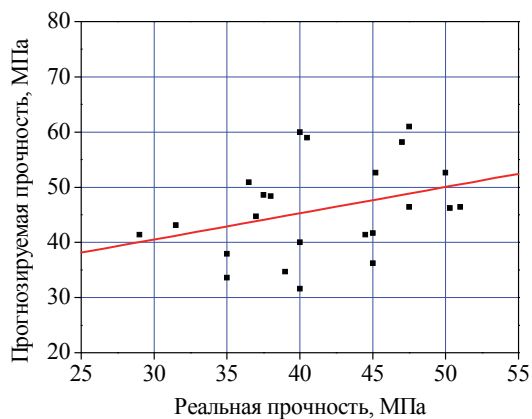


Рисунок 2 – Взаимосвязь прогнозируемых и реальных значений прочности бетона, по результатам замеров прибором С181.N

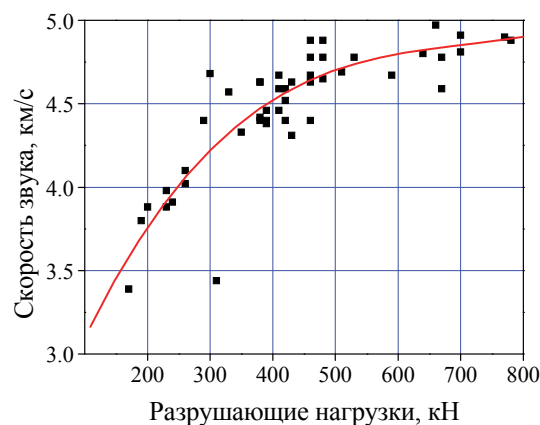


Рисунок 3 – Зависимость скорости ультразвука от прочности бетона

Таким образом, электромагнитный эмиссионный способ неразрушающего контроля прочности бетонов дает по сравнению с принятыми на сегодняшний день склерометрическими методами в несколько раз более высокую точность контроля как при контроле бетонов с известным составом, так и бетонов с неизвестным составом и заполнителем.

В настоящее время для неразрушающего контроля прочности бетонов наряду со склерометрами достаточно часто используются приборы, основанные на измерении скорости ультразвуковых волн. Поэтому, так же провели сопоставительный анализ электромагнитного и ультразвукового методов контроля.

Для этого на одной и той же партии образцов проводили измерения электромагнитной эмиссии и скорости прохождения ультразвуковых волн по стандартной методике на ультразвуковом приборе УК-14П. Результаты этих измерений можно сопоставить на рисунках 1-3. Коэффициент корреляции между прогнозируемой и реальной прочностью по электромагнитному эмиссионному методу составил 0,894 при стандартной ошибке предсказания прочности, равной 0,175 (рисунок 1), а по показаниям прибора УК-14П 0,847 (рисунок 3) [1].

Точность прогноза прочности по амплитудно-частотным характеристикам сигналов электромагнитной эмиссии превысила точность ультразвукового метода.

Таким образом, даже на этих первоначальных стадиях разработки электромагнитные эмиссионные методы неразрушающего контроля дают, по крайней мере, не меньшую точность, чем хорошо исследованные и обеспеченные специализированной аппаратурой ультразвуковые методы. При этом электромагнитная эмиссия регистрируется бесконтактным способом. Измерения возможны при одностороннем доступе к объекту контроля, точность оценок может быть повышена путем усовершенствования способов контроля, создания специализированной аппаратуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тамуж, В.П. Микромеханика разрушения полимерных материалов / В.П. Тамуж, В.С. Куксенко. -Рига: 1978. -294 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прибор, прочность, бетон, неразрушающий контроль
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Плотников Дмитрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Алаев Евгений Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Кузнецов Алексей Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Герасименко Андрей Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного
транспорта»

Д.Н. Плотников

APPLICATION OF ACOUSTIC METHOD FOR CONDITION ASSESSMENT OF METALLIC GRID STRUCTURES
Siberian state university of water transport
D.N. Plotnikov

Proposed non-destructive method for determining the ultimate strength of the steel in the process of operation.

Keywords: diagnostics, ultrasound, metal, voltage

Предложен неразрушающий способ определения предела прочности металлоконструкций в процессе эксплуатации.

В настоящее время в науке и технике широко используются акустические методы позволяющие анализировать материал, изделие или, даже, целую конструкцию в целом. С помощью измерения сигнала, возбуждаемого датчиком в определенном диапазоне частот и затем после прохождения по образцу регистрируемым приемником. Одним из таких перспективных методов является метод измерения скорости ультразвука «in situ»- то есть непосредственно в процессе воздействия на материал или конструкцию внешних и внутренних нагрузок. Эффективность такого подхода определяется тем, что волны Рэлея используемые в данном методе отражают структуру материала и изменяются при возникновении тех или иных дефектов типа дислокаций или развитых поверхностей. Кроме того, напряжения первого и второго рода, возникающие в материале конструкций, приводят к изменению величины и вида зависимости скорости ультразвука от прикладываемых нагрузок

Контроль физико-механических свойств материалов акустическими методами - одно из важнейших направлений неразрушающего контроля качества материалов, деталей, изделий и конструкций. Контроль основан на установлении взаимосвязи физико-механических, технологических, структурных характеристик материалов и изделий с акустическими характеристиками.

К основным физико-механическим свойствам материалов, определяемых акустическими методами, относят:

- упругие (модуль нормальной упругости, модуль сдвига, коэффициент Пуассона);
- прочностные (прочность при растяжении, сжатии, изгибе, кручении, срезе и др.);
- технологические (плотность, пластичность, влажность, содержание отдельных компонентов, гранулометрический состав и др.);
- структурные (анизотропия материала, кристалличность и размеры кристаллов, размеры и содержание включений, например графитных включений в чугуне, глубина поверхностной закалки, пористость и др.).

Акустический метод определения механических характеристик «in situ»

Рассмотрим совокупность измеренных зависимостей скорости ультразвука от напряжения. Если нормировать все скорости на нулевую, измеренную в ненагруженном состоянии, а напряжения нормировать на напряжение соответствующее пределу прочности, то все измеренные зависимости скорости ультразвука в металлах и сплавах будут выглядеть аналогично друг другу.

Объединим все зависимости. На рисунке 1 приведена обобщенная зависимость, Она

представляет собой кривую с тремя прямыми участками, особенно интересен первый участок небольших деформаций. Именно в этом пределе и работает большинство реальных конструкций и узлов и деталей в промышленности и на транспорте. Если аппроксимировать первый участок прямой, то очевидно, что зная из уравнения исходное значение скорости ультразвука, напряжение испытания и скорость ультразвука при испытании элементарно определить такую крайне важную характеристику металла и конструкции в данном месте, как предел прочности, измерив напряжения и скорость ультразвука на другом участке конструкции мы можем определить и там предел прочности [1-4].

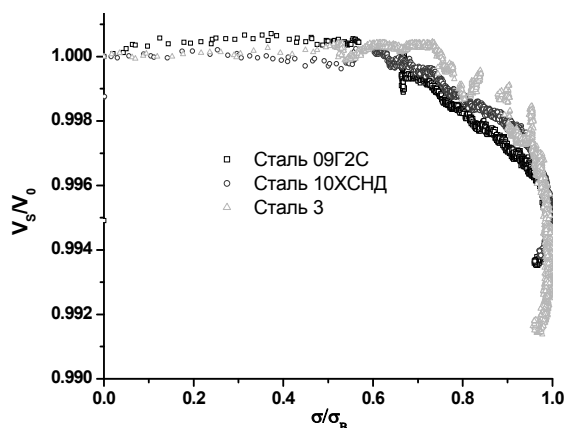


Рисунок 1 – Обобщенная зависимость изменения скорости ультразвука в сталях

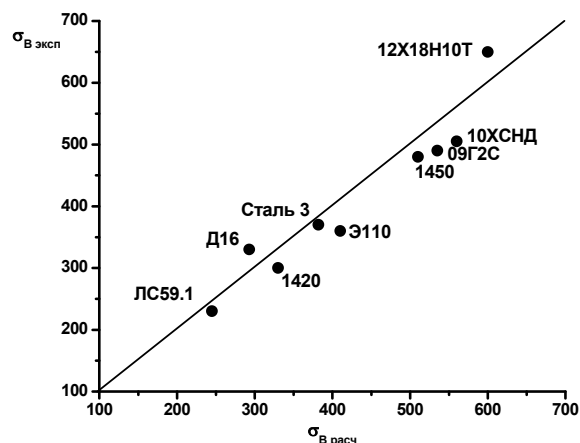


Рисунок 2 – Корреляция между σ_B , определенным ультразвуковым методом $\sigma_{B\text{ расч}}$ и механическими испытаниями $\sigma_{B\text{ экпл}}$

Для проверки данного метода проводили испытание на образцах стали 15ХСНД, стали 65Г, стали 09Г2С, металлах Co, Al, Zr-Nb сплаве, стали Ст3. На всех материалах нагружение образцов производили до нагрузок порядка 10-15% от предела текучести Одновременно, с диаграммой нагружения фиксировали и скорость ультразвука без остановки машины. Такое нагружение проводили несколько раз, с разгрузкой для набора статистически достоверных результатов измерения скорости ультразвука. Кроме нагружения по схеме на растяжение на плоских образцах были проведены испытания мостовой стали 15ХСНД на изгиб по схеме четырех точек. Испытания проводили как для плоских пластин размером 70x300, так и для пластин со сварными швами в середине. Определенные таким образом, значения пределов прочности приведены на рисунке 2, где видно хорошее согласие с паспортными данными, однако, при измерении вблизи сварных швов наблюдается отличие. Это можно объяснить тем, что в месте зоны термического влияния произошел отпуск стали и ее значения предела и прочности в данном случае иные.

Измерение скорости ультразвука. Ранее было установлено, что скорость ультразвука является структурно чувствительной величиной и изменяется, например, при изменениях структуры сплавов в результате их термической обработки. В исследовании физических свойств и строения твердых тел важнейшее значение приобрели акустические методы, получившие значительное развитие за последние годы.

Акустические методы, основанные на изменении скорости распространения и поглощения упругих волн, позволяют вести непрерывное наблюдение за различными физико-химическими превращениями, происходящими в твердых телах, что позволяет использовать эти методы для неразрушающего контроля свойств и структуры металлов.

Скорость ультразвука измерялась методом автоциркуляции ультразвуковых импульсов с помощью прибора АSTR с точностью 10^{-5} [5].

Разработанный метод основан на определении напряжений с помощью измерения скорости поперечных рэлеевских волн в данном (локальном) месте конструкции. Установлена однозначная корреляция между скоростью ультразвука (СУ) (рэлеевскими волнами) - СУ и макронапряжениями. Для определения напряжений в реально действующем мосту проведены измерения скорости ультразвука на нем, а затем, по лабораторно установленной корреляционной зависимости, определены реально действующие в нем напряжения. Показано, что они хорошо согласуются с определенными не прямыми лабораторно-расчетными мето-

дами. Например, для участка вблизи от заклепок – места наиболее вероятного увеличения напряжений – скорость ультразвука равна 2,580 км/с, а вдали – 2,538 км/с. Согласно графику на рисунке 3 напряжения и деформация в этих местах значительно больше, чем вдали.

Ранее такой метод не мог быть реализован из-за отсутствия аппаратуры, позволяющей фиксировать изменения СУ с точностью 10^{-5} . Прибор АSTR – рисунок 4, позволяющий производить такие измерения, создан в ИФПМ СО РАН, его можно использовать в полевых условиях.

Апробация оценки состояния металла конструкции опор воздушных линий (ВЛ). Стальные опоры линий электропередачи являются одним из важнейших элементов промышленной инфраструктуры. Необходимо, чтобы опоры линий электропередачи обладали высокой стойкостью, прочностью и долговечностью. Состояние опор в различных регионах во многом зависит от местных условий загрязнения атмосферы. В основном их объединяет то, что более 50% имеющихся опор имеют износ от 60% ресурса и выше.

В настоящей работе предлагается метод диагностики состояния металла опор с целью выработки критерия отбраковки и определения ресурса работы опоры. Для апробации метода и методики на двух переходных опорах ВЛ 110 кВ через реку Томь (город Томск) определяли остаточные и действующие напряжения. Измерения проводили на высоте 290 см на каждой из четырех стоек с помощью прибора аналога АSTR. В результате измерений были получены значения скорости ультразвука, которые использовали для пересчета в величины реально действующих на момент измерения напряжений $\sigma_1 + \sigma_2$. Определение напряжений проводилось по методике предложенной в [1-4].

На рисунке 5 приведен график изменения напряжений в различных стойках. Видно, что напряжения в стойках переходной опоры №59, что расположена на правом берегу реки Томь и в стойках переходной опоры №60, расположенной на левом берегу реки невелики по абсолютным значениям, и не превышают предела текучести стали Ст3, из которой они изготовлены ($\sigma_{02} = 210$ МПа). Однако в опоре №59 стойка №1 испытывает сжимающие напряжения, а остальные стойки испытывают растягивающие напряжения. Это может свидетельствовать об усталости металла, так как данная опора эксплуатируется более 35 лет. Напряжения в опоре №60 распределены равномерно, они все растягивающие. Если считать, что все связи в опоре абсолютно жесткие, то можно построить карту распределения напряжений для плоскости, в которой измеряли скорость ультразвука. Из рисунка 5 видно, что в обеих опорах основная нагрузка приходится на стойку №1, хотя величина их и знак отличаются. Наибольшую деформацию испытывает стойка №1 в опоре №59.

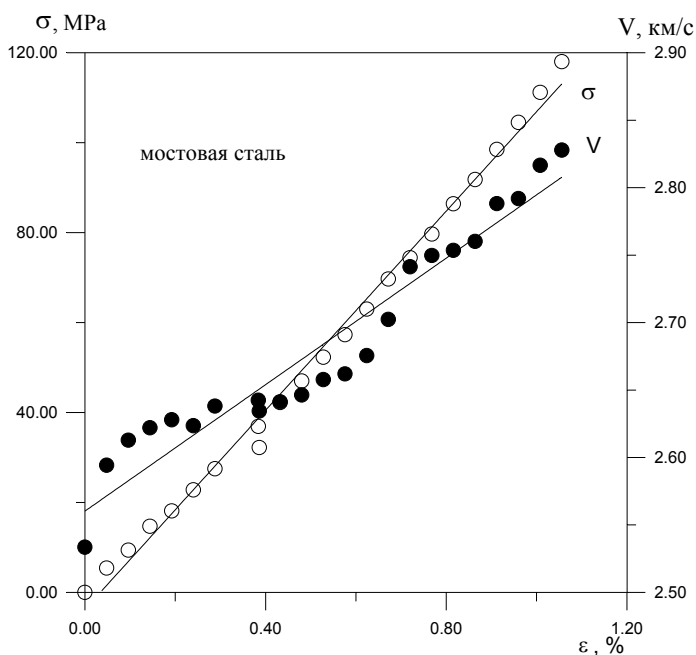


Рисунок 4 – Акустический прибор АSTR для определения действующих и остаточных напряжений

Используя акустическую методику, предлагаемую в настоящей работе, на реально действующих опорах в процессе эксплуатации можно проводить диагностику металла опор.

Таким образом, в современных условиях необходимо переходить от принципа «пока конструкция сохраняет достаточную прочность, ее ремонтировать не следует» к принципу «пока конструкция не начала разрушаться, необходимо своевременно защищать ее от повреждений».

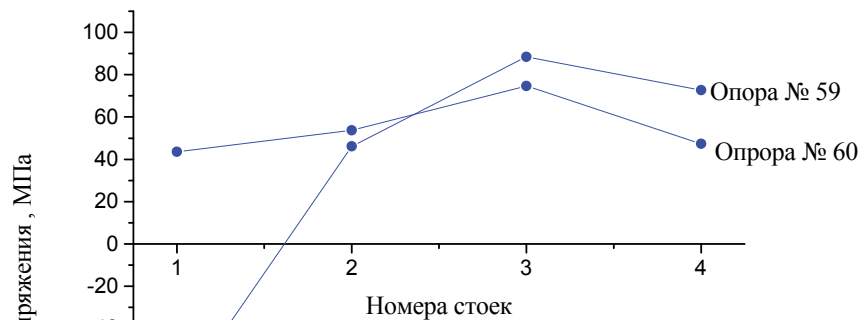


Рисунок 5 – Изменение напряжений в различных стойках переходных опор ЛЭП-110 через реку Томь

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Зуев, Л.Б. Зависимость скорости ультразвука от действующего напряжения при пластическом течении поликристалла / Л.Б. Зуев, Б.С. Семухин, К.И. Бушмелева // ЖТФ. -1999. -Т.69. -Вып.12. -С. 100-101.
- 2 Зуев, Л.Б. Акустические свойства металлов и сплавов при деформации / Л.Б. Зуев, Б.С. Семухин // Физика и химия обработки материалов. -2002. -№5. -С. 62-68.
- 3 Зуев, Л.Б. Акустические свойства металлов и сплавов и стадийность пластического течения / Л.Б. Зуев, Б.С. Семухин, К.И. Бушмелева // Металлофизика и новейшие технологии. -2000. -Т.22. -№10. -С. 67-70.
- 4 Зуев, Л.Б. Скорость ультразвука, структура и напряжения при активном растяжении малоуглеродистой стали / Л.Б. Зуев, Б.С. Семухин, В.И. Данилов, А.М. Апасов // Известия вузов. Черная металлургия. -2001. -№6. -С. 26-28.
- 5 Плотников, Д.Н. Анализ методов и средств оценки состояния металлических электросетевых конструкций / Д.Н. Плотников, Ю.В. Демин, Б.В. Палагушкин, Г.В. Иванов, И.Л. Власов, А.М. Глаголев // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. - 2015. -№2. -С. 102-105.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагностика, ультразвук, металл, напряжения
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Плотников Дмитрий Николаевич, аспирант, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ЭКСПЕРТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТОВЫХ КРАНОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ООО Технический центр «Политех»

А.А. Наприенко, Е.С. Наприенко

EXPERT EXAMINATION OF OVERHEAD CRANE
 Siberian state university of water transport
 Technical center Polytech
 A.A. Naprienko, E.S. Naprienko

We consider the order and a list of the expert examination of overhead cranes with the end of life. The basic defects and faults of assemblies and mechanisms identified in the survey of overhead cranes at the enterprises of Novosibirsk.

Keywords: expert examination, types of examinations, overhead crane, defects, failure

Рассматривается порядок и перечень работ экспертного обследования мостовых кранов с истекшим сроком службы. Приводятся основные дефекты и неисправности узлов и механизмов, выявленные при обследовании мостовых кранов на предприятиях г. Новосибирска.

Основным видом подъемно-транспортных машин, применяемых для механизации рабочего процесса на промышленных производственных предприятиях, ремонтных базах, крупных закрытых и открытых складах, электростанциях являются мостовые краны. В настоящее время в России из всего парка эксплуатируемых мостовых кранов большая часть относится к кранам, отработавшим нормативный срок службы. В связи с этим они подвергаются обязательной экспертизе промышленной безопасности и, соответственно, экспертному обследованию. В данной статье рассмотрим, во-первых, основные работы, проводимые при экспертном обследовании, и, во-вторых, основные дефекты и несоответствия, обнаруженные во время обследования группы мостовых кранов на промышленных предприятиях г. Ново-

сибирска за 2013-2015 гг.

Экспертное обследование мостовых кранов проводится в следующих случаях:

- по окончанию срока службы – первичное;
- через установленные сроки по результатам обследования и оценке остаточного ресурса – периодическое;
- при обнаружении в процессе эксплуатации повторного появления трещин в несущих металлоконструкциях и наличии деформаций, при появлении отрицательного прогиба пролетных балок мостовых кранов свыше 0,0022 величины пролета, после демонтажа или реконструкции или по требованию органов Ростехнадзора – внеочередное.

При этом для каждого вида экспертного обследования должен входить установленный перечень работ.

В первую очередь в состав работ по обследованию входит: подбор нормативно-технической и справочной документации, требуемой для технической диагностики крана; ознакомление с документацией (сертификатами на канаты, крюки, металл, электроды и т.п. применяемых при проведении ремонтных работ); ознакомление с эксплуатационной, ремонтной, проектно-конструкторской документацией; проверку на соответствие справки о характере работы крана; ознакомление с расчетной оценкой фактической группы классификации (режима) крана на момент проведения обследования, с актами предыдущих обследований крана, а также ознакомление с документацией на крановые пути, по которым передвигается кран. На основании собранной информации составляется рабочая карта осмотра. Кроме этого необходимо осуществить подготовку технических средств и приборов для обследования и провести инструктаж по технике безопасности членов комиссии.

В основные работы по обследованию входит следующее [1]:

- проверка состояния металлических конструкций;
- проверка состояния механизмов, канатно-блочной системы и других узлов;
- проверка состояния электрооборудования;
- проверка состояния приборов безопасности;
- проверка состояния крановых путей и рельсовых путей грузовой тележки, с обязательной плано-высотной съемкой.

По результатам проверки всех механизмов и узлов составляется ведомость дефектов.

Также в обязательные работы при обследовании входят статические и динамические испытания крана и оценка остаточного ресурса крана. Статические испытания проводятся с целью проверки конструктивной пригодности крана и его сборочных единиц, с нагрузкой в 125% по отношению к номинальной паспортной грузоподъемности. Методика проведения статических испытаний изложена в [1, 2]. В свою очередь динамические испытания проводят с целью проверки действия механизмов, тормозов и приборов безопасности крана. Динамические испытания проводят с грузом 110% от номинальной грузоподъемности, при этом производится многократные подъем и опускание груза.

Оценка остаточного ресурса мостовых кранов проводится в соответствии с [3]. При этом в обязательном порядке производится оценка остаточного ресурса по состоянию металлоконструкций по балльной системе [1]. Кроме этого выполняется расчет фактической группы режима работы крана, где уточняется фактическая группа режима работы и класс использования в зависимости от наработки крана и срока его эксплуатации. В случае несоответствия группы классификации (режима) крана или при достижении граничных значений, а также при обнаружении усталостных напряжений на расчетных элементах металлоконструкции крана производится проверка несущих элементов металлоконструкций на сопротивление усталости. Проверка усталостной прочности расчетных элементов выполняется: для главных балок в середине пролета, концевых балок в средней и буксовых частях, соединений главных и концевых балок [3].

По результатам всех работ обследования составляется заключение экспертизы промышленной безопасности.

Что касается основных дефектов и неисправностей узлов и механизмов мостовых кранов, выявленных в процессе обследования на промышленных предприятиях г. Новосибирска в 2013-2014 гг., то они распределились следующим образом (рисунок).

Большая часть неисправностей, это 34%, приходится на электрооборудования и приборы безопасности. При этом чаще всего наблюдаются следующие неисправности:

- не заземлены при помощи отдельных проводников на металлоконструкцию крана все металлические нетоковедущие части электрооборудования: корпуса электродвигателей,

контроллеров, гидротолкателей, концевых выключателей и т.д.;

- отсутствует защита от падения груза при обрыве фаз;
- неработоспособны концевые выключатели механизма передвижения грузовой тележки и крана;
- отсутствует запирающее устройство на люке кабины для обслуживания главных троллеев;
- отсутствуют надписи назначений контроллеров в кабине управления;
- провисание каната и нарушение изоляции кабельного подвеса грузовой тележки;
- отсутствует освещение в кабине управления;
- не закрыты крышкой коробка электропроводки, нет крышек распределительной коробки на грузовых тележках и концевых балок и прочее.

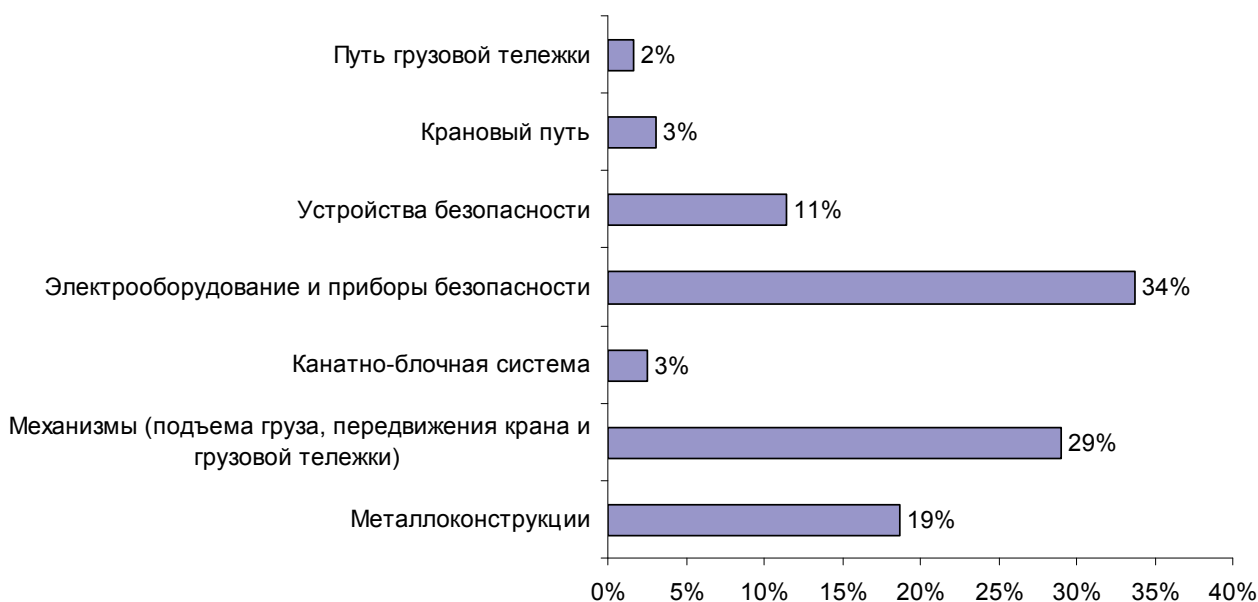


Рисунок – Распределение выявленных неисправностей по механизмам и узлам мостовых кранов

Неисправности в механизмах крана (механизм подъема груза, механизм передвижения грузовой тележки и крана) составляют 29%. При этом основные неисправности и дефекты возникают:

- в редукторе: течь масла из редуктора из-за нарушения герметичности разъемов; недостаточный уровень масла; отсутствует щуп уровня масла;
- в тормозах механизмов: не отрегулированы ходы штоков гидротолкателей тормозов; отсутствует горизонтальная тяга тормозов; разбиты шарнирные соединения; износ тормозных накладок по толщине превышающей допустимый; тормоза не отрегулированы (распущены); сколы одной тормозных накладок;
- в соединительных муфтах: недостаточный уровень смазочного материала; отсутствуют гайки болтах; ослаблена затяжка соединительных болтов; отсутствует крышка зубчатой муфты (в зависимости от типа муфты);
- в электродвигателях не закреплены или отсутствуют крышки клеммной коробки, отсутствует крышки щеточного аппарата;

На металлоконструкции мостовых кранов неисправностей и дефектов приходится 19%. Из них чаще наблюдаются следующие:

- трещины по сварным швам крепления стоек перильного ограждения проходной галереи вдоль главных балок, деформации и отсутствие пролетов перильного ограждения;
- деформация или отсутствие щитков ходовых колес грузовой тележки;
- деформация балок рамы грузовой тележки;
- отсутствует или деформирован настил проходной галереи главной балки;
- отсутствуют опорные детали на случай поломки ходовых колес крана;
- деформации наружной стенки главной;
- ослаблены или отсутствуют болты крепления балки;
- в зоне кабины управления краном: трещина по сварном швам в креплении верхней

перекладины к правой передней и средней стойке подвеса кабины; обрывы по сварному шву в креплении верхней перекладины к левой передней стойке подвеса кабины;

– деформации кожухов блоков между щек крюковой подвески, обрывы по сварным швам в креплении кожухов;

– нарушение лакокрасочное покрытие;

Реже встречаются дефекты и неисправности в устройствах безопасности – 11%, канатно-блочной системе – 3%; на крановых рельсовых путях – 3% и путях грузовой тележки – 2%. В свою очередь в устройствах безопасности чаще всего: отсутствуют запирающие устройства (замки) на люке кабины для обслуживания главных троллеев; отсутствуют опорные детали на случай поломки колес и осей ходовых устройств крана; неисправны тупиковые упоры; не читаются надписи назначений и направлений контроллеров управления; отсутствуют надписи о грузоподъемности крана на крюковой подвеске; неисправно замыкающее устройство зева крюка; отсутствуют ограждения быстроходных валов всех механизмов; отсутствуют диэлектрические коврики. В канатно-блочной системе мостовых кранов наблюдается износ и сколы реборд блоков грузового полиспаста, износ проволок каната более 40%, порывы проволок и перегибы каната.

На крановых рельсовых путях и рельсовых путях грузовой тележки неисправности встречаются реже (рисунок 1), в основном это смещение в плане рельсов грузовой тележки, превышающее нормативное значение; в некоторых случаях присутствует подвижность рельсов грузовой тележки; отсутствие паспортов на крановый путь и тупиковые упоры. Чаще всего из выявленных несоответствий наблюдается несвоевременное проведение очередного комплексного обследования крановых рельсовых путей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 РД 10-112-5-97 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы часть 5. Краны мостовые и козловые // СПС КонсультантПлюс.

2 Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 №533 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992) // СПС КонсультантПлюс

3 РД 24-112-5Р Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа // СПС КонсультантПлюс

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экспертное обследование, виды обследований, мостовой кран, дефекты, неисправности*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Наприенко Анна Андреевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Наприенко Евгений Сергеевич, начальник отдела ООО ТЦ «Политех»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

630058, г.Новосибирск, ул.Плотинная, 2/2, ООО ТЦ «Политех»

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ СУДОВ, ПЕРЕВОЗЯЩИХ ПАКЕТИРОВАННЫЕ ГРУЗЫ

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

Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов, А.И. Филиппова

CAUSAL ANALYSIS OF ACCIDENT RATE SHIPS CARRYING PALLETIZED GOODS

Maritime state university named after G.I. Nevelskoi

T.E. Malikova, N.M. Anosov, A.I. Filippova

The main objective of the study was to analyze the scenarios of specific marine accidents, the identification and synthesis of similar features, factors and characteristics, estimating the frequency of recurrence of accidents to develop specific measures to improve safety of navigation.

Keywords: accident rate, sea transport, safety of navigation, timber, statistical analysis

Основная задача исследования заключалась в анализе сценариев развития конкретных морских происшествий, выявлении и обобщении сходных признаков, факторов и характеристик, оценки частоты повторяемости аварийных случаев для разработки конкретных мер по повышению безопасности мореплавания.

В Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского проводятся комплексные исследования [1-3], направленные на разработку новых технологий крепления смещающихся грузов на морских судах. В рамках изучения данной проблемы была собрана и проанализирована статистическая информация по развитию конкретных аварийных ситуаций с целью выявления сходных признаков, факторов и характеристик аварийности флота [4]. Анализ каждого аварийного происшествия позволил оценить частоту повторяемости последовательности случайных событий, приводящих к аварийным происшествиям, на основе которого были разработаны конкретные меры по совершенствованию существующих технологий крепления грузов опасных по смещению [5-7].

В статье [8] приведены результаты причинно-следственного анализа аварийности судов ОАО ДВМП (за период 1970-2000 гг.). В случайную выборку попали и были проанализированы 48 аварийных случаев (из них 4 аварии и 44 аварийных происшествия), произошедших со смещением груза. Исходя из полученной информации, в рассматриваемый период наибольшее число аварийных происшествий со смещением груза произошло в штормовых условиях (28%). На втором месте потеря остойчивости судна (22%). Третье место занимает ненадежность крепления груза (17%). На четвертом месте – нарушение правил перевозки (14%). Навигационные ошибки и нарушение правил погрузки не превышают 10%.

Наибольшее число аварий и аварийных происшествий приходилось на суда с лесными грузами (26 случаев или 60%). Для других грузов аварийность распределяется достаточно равномерно и не превышала 5%. Однако наиболее тяжелые морские происшествия приходились на долю не лесных грузов (75% судов, потерпевших кораблекрушение и вошедших в случайную выборку, перевозили другие грузы). Так в рассматриваемой выборке аварии произошли при перевозке талька (т/х «Тикси» 1974 г.), леса (буксир «Большерецк» 1979 г.), круглой стали (т/х «Комсомолец Находки» 1981 г.), груза в контейнерах (т/х «Рязань» 2000 г.).

Анализ причинно-следственных связей развития аварийных ситуаций (диаграмма Исикава) [8] в рассматриваемой случайной выборке показал, что существует пять основных сценариев развития событий: судно попало в штормовые условия плавания, судно находится под действием сильного ветра, ошибки маневрирования, потеря остойчивости на переходе и грузовые работы в порту. Наибольшая доля аварийных ситуаций приходится на причинно-следственной связи, развивающиеся по сценарию «судно попало в штормовые условия плавания» (45%). На втором месте – причинно-следственные связи «потеря остойчивости на переходе» в основном с лесными грузами (16%). Три другие группы имеют одинаковые доли, которые составляют по 13% каждая.

Следует отметить, что в структуре исследуемой случайной выборки из всех судов, перевозящих лесные грузы (всего 28 аварийных случаев) только два аварийных происшествия произошло при перевозке пиломатериалов. Это связано с тем, что в рассматриваемый временной период товарная структура экспорта древесины характеризовалась тем, что около

90% внешнеторговой номенклатуры составляла необработанная лесная продукция (товарная позиция 4403 ТН ВЭД ТС). В 2009 г. на эту товарную позицию в России были введены высокие ставки таможенных пошлин и количественные ограничения на вывоз, по этой причине на рынке транспортных услуг появился спрос на транспортировку пиломатериалов на палубе судна. Этот вид груза обладает иными техническими характеристиками, чем круглый лес. В результате за последнее десятилетие резко возрастает число аварий с судами, перевозящими лесные пакетируемые грузы.

Так случайная выборка из 27 аварийных случаев (из них 9 аварий и 18 аварийных происшествий в период 2005–2015 гг.), произошедших с судами из-за смещения груза, показала, что наибольшее число аварий и аварийных происшествий приходилось на суда, груженные круглым лесом (9 случаев или 33%) и пиломатериалом (6 случаев или 22%). Для других грузов аварийность распределяется следующим образом – цемент и руда по 11%, оливки навалом 8%, контейнера 7%, зерно и уголь по 4%.

Анализ причинно-следственных связей развития аварийных ситуаций для этой случайной выборки был выполнен с использованием диаграммы Исикавы, опубликованной в статье [8]. В результате были получены следующие данные. Наибольшая доля аварийных ситуаций приходится по-прежнему на причинно-следственные связи, развивающиеся по сценарию «судно попало в штормовые условия» (41%). На втором месте – причинно-следственные связи «потеря остойчивости на переходе» (19%). Третье место делят причинно-следственные связи «ветер» и «грузовые работы в порту» (18%). На четвертом месте – причинно-следственные связи «ошибки маневрирования на переходе» (4%). Следует отметить, что расхождение данных, полученных в ходе исследования двух независимых случайных выборок, находятся в основном в пределах статистической погрешности. При этом наблюдается снижение аварийности по сценарию «ошибки маневрирования на переходе» с 13% до 4%. Кроме того, необходимо отметить негативный фактор, связанный с ростом на 5% числа аварийных случаев при выполнении грузовых работ в порту, причем два аварийных происшествия закончились гибелью судов (турецкий сухогруз «Alican S» с грузом цемента опрокинулся и лег на грунт правым бортом у причала 18 января 2013 г. и филиппинский сухогруз «Ocean Legasy» с контейнерами в 2012 г. затонул у причала из-за потери остойчивости).

Случайная выборка аварийных происшествий в период с 2005 г. по 2015 г. показала пропорциональные изменения в структуре генеральной совокупности, в частности увеличилась аварийность судов, перевозящих пакетируемые грузы (два судна за тридцатилетний период и шесть судов за последние десять лет). По этому, дальнейшие более подробные исследования причинно-следственных связей аварийности флота проводились для этой подгруппы. В результате анализа развития аварийных ситуаций с т/х «Green Flower», т/х «Scot Isles», т/х «Высокогорск», т/х «Синегорск», т/х «Nordgard», т/х «Ice Prince», т/х «Тюмень» была построена диаграмма Исикавы, представленная на рисунке. Следует отметить, что исследования проводились только для группы судов среднего и малого тоннажа, аварийность флота при перевозке пиломатериалов в северо-американском направлении не рассматривалась.

Как показано на диаграмме существуют четыре основные причины в совокупности, приводящие судно к аварийной ситуации: нарушение технологии погрузки, штормовые условия плавания, потеря остойчивости на переходе или у причала при грузовых работах, сброс палубного груза. Причинно-следственные связи, представленные на рисунке, характерны в целом и для перевозки лесных грузов, однако, есть ряд специфических особенностей.

Так при расследовании аварийного случая с т/х «Высокогорск» были выявлены следующие дополнительные причины смещения каравана:

- разные размеры пакетов пиломатериалов, как по высоте, так и по длине;
- большинство пакетов торцованы только с одной стороны, с другой стороны разница в длине досок была до 3 м. Такое состояние пакетов не дало произвести плотную укладку груза;
- в процессе погрузки сложились различные комбинации пар трения, так как, пакеты грузились на двух синтетических полипропиленовых стропях диаметром 25-30 мм, которые оставались на пакетах для последующей выгрузки и способствовали скольжению пакетов пиломатериалов.

Авария с т/х «Ice Prince» произошла из-за совокупности следующих причин:

- отсутствие контроля качества и последовательности укладки разнородных по размеру

и породам древесины пакетов пиломатериала;

– неправильная оценка гидрометеорологической обстановки; из-за неблагоприятного прогноза отдельные суда, получившие такое штормовое предупреждение, остались переждать шторм в укрытии;

– упаковка пакетов в различные сорта пленки, намокание и обледенение привело к снижению коэффициента трения практически к нулю;

– ошибки капитана при балластировке и маневрировании на волнении, приведшие к потере остойчивости судна и остановки главного двигателя;

– наличие на пакетах полипропиленовых стропов, которые создали различные комбинации пар трения и способствовали скольжению пакетов пиломатериалов.

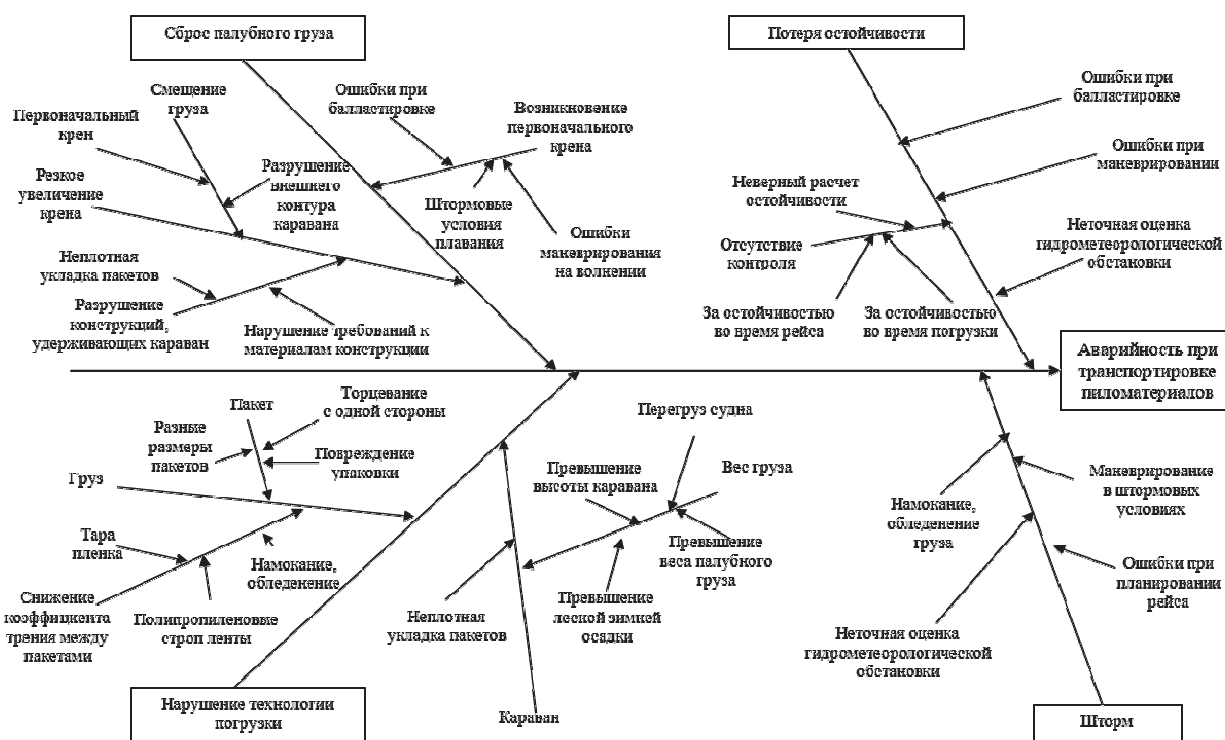


Рисунок – Причинно-следственная диаграмма аварийности судов с пакетированным грузом

Выявление этих дополнительных причин разрушения палубного каравана при перевозке пакетированного груза определило дальнейшие направления исследования в области совершенствования технологий крепления груза на палубе судна. В результате была разработана новая технология перевозки пакетированных грузов с использованием фиксирующих металлических башмаков трехмерного типа [9]. Роль башмаков – формирование и фиксация пакетов с использованием крепежных лент, что исключает смещение пиломатериалов внутри пакета при погрузке на судно, смещение или выпадение пакетов из штабеля, то есть его опасное разрушение, и способствует сохранению устойчивого состояния штабеля при его транспортировке на судне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Маликова, Т.Е. Применение теории катастроф для классификации сценариев потери остойчивости судна при смещении груза / Т.Е. Маликова // Вестн. гос. ун-та мор. и речн. флота им. адм. С.О. Макарова. -2014. -№3(25). -СПб.: ГУМРФ 2014. -С. 15-19.
- 2 Аносов, Н.М. Математическая модель исследования динамики системы: судно-укрупненная грузовая единица-штабель пиломатериала / Н.М. Аносов, Т.Е. Маликова // Мор. вестн. -2012. -№3(43). -СПб.: МорВест, 2012. -С. 97-98.
- 3 Маликова, Т.Е. Исследование системы обеспечения технологической безопасности морских судов методами теории катастроф / Т.Е. Маликова, М.А. Москаленко // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№3. -С. 94-97.
- 4 Маликова, Т.Е. Аварийность морского флота и анализ внешних факторов, повлекших за собой аварии со смещением грузов / Т.Е. Маликова // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№1-2. -С. 10-14.
- 5 Царик, Р.С. Управление рисками и снижение аварийности в морских контейнерных перевозках грузов / Р.С. Царик, Д.А. Акмайкин, М.А. Москаленко, С.В. Лосев // Транспорт: наука, техника, управление. -М.: Всероссийский ин-т научн. и техн. информ. РАН, 2015. -№2. -С. 37-42.
- 6 Москаленко, А.Д. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки автомобилей на палубе судна / А.Д. Москаленко, Т.Е. Маликова, А.В. Степанец // Безопасность водного транспорта: тр. между. науч.-практ. конф. -СПб.: ИИЦ СПГУВК, 2003. -Т.4. -С. 93-96.
- 7 Маликова, Т.Е. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля труб на палубе судна / Т.Е. Маликова, А.Д. Москаленко // Эксплуатация мор. трансп. -СПб.: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2013. -№1(71). -С. 7-9.

8 Маликова, Т.Е. Анализ причинно-следственных связей, повлекших за собой аварии со смещением груза / Т.Е. Маликова // Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте: докл. XII Всероссийской межвузовской научн.-практ. конф. 23 мая 2014 г. -Владивосток : МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2014. -С. 13-17.

9 Маликова, Т.Е. Технология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля пиломатериалов на палубе судна / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 117-120.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *аварийность, морской транспорт, безопасность мореплавания, лесные грузы, статистический анализ*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Маликова Татьяна Егоровна, докт. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

Аносов Николай Михайлович, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

Филиппова Анна Ивановна, специалист по учебно-методической работе ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ GPS-ПРИЁМНИКОМ JLR-20 УГЛОВ КРЕНА И ДИФФЕРЕНТА ОШВАРТОВАННОГО ПАРОМА

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

Ю.А. Комаровский

ERRORS FOR GPS RESEIVER JLR-20 MEASUREMENTS OF THE ROLL ANGLE AND PITCH ANGLE OF A MOORED FERRY

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

Yu.A. Komarovskiy

This article has proposed and confirmed the hypothesis of a superior accuracy of the roll angle and pitch determination compared to determination of the course of a vessel using tri-axial satellite compasses. Processing of the observed data from a GPS Receiver JLR-20 has yielded the standard deviation of the roll measurement to be $\pm 0,07$ degrees, and the pitch measurements - $\pm 0,05$ degrees.

Keywords: GPS-compass, error of heading, roll, pitch

Выдвинута и подтверждена гипотеза о превосходстве точности определения крена и дифферента над точностью определения курса трёхантенными спутниковыми компасами. В результате обработки наблюдений за работой судового GPS-приёмника JLR-20 средняя квадратическая погрешность определения крена получилась равной $\pm 0,07$ градуса, а дифферента – $\pm 0,05$ градуса.

Знание экипажем текущих значений углов крена и дифферента играет решающую роль в безопасной и успешной эксплуатации судна. Особое значение эта информация приобретает при эксплуатации грузопассажирских паромов. На них погрузка и выгрузка колёсной техники требует соблюдения строгих правил во избежание возникновения опасных углов наклонов, из-за чего техника на палубе может сместиться. Смещения возникают и во время качки парома или при быстром изменении его курса. Здесь также необходим постоянный контроль крена и дифферента.

В последние годы на суда стали поступать трёхантенные GPS-приёмники, которые помимо решения традиционной задачи определения геодезических координат и вектора абсолютной скорости определяют курс судна и угловую скорость его изменения, а также углы крена, дифферента и их угловые скорости. Такие GPS-приёмники заметно расширили возможности экипажа эффективно управлять судном. К сожалению, до сих пор отсутствуют исчерпывающие сведения о точности, чувствительности и быстродействии трёхантенных приёмников. Особо это касается решения задачи определения углов наклона судна.

Отсутствие этих сведений объясняется весьма ограниченными возможностями исследователей в проведении необходимых экспериментальных наблюдений. Исследователи не располагают ни соответствующими испытательными стендами, ни самими приёмниками. Им приходится довольствоваться эпизодическими наблюдениями за работой только тех GPS-приёмников, которые установлены на судах, непродолжительное время стоящих в закрытых акваториях. Важным условием проведения подобных экспериментальных наблюдений является неподвижность судна. Присутствие даже небольшого волнения в закрытых акваториях приводит к появлению систематических погрешностей в измерениях кренов и дифферентов. Такого рода погрешности имеют малые непостоянные амплитуды, и поэтому их сложно отфильтровывать на коротких интервалах времени. Цель данной работы заключается в оценке случайных погрешностей измеряемых трёхантенным GPS-приёмником JLR-20 кренов

и дифферентов почти неподвижного судна среднего водоизмещения.

Таким судном был выбран грузопассажирский паром «Бригадир Ришко», принадлежавший ООО «Мортранс». Паром имел водоизмещение 1028 т, длину 49 м и осадку 3,1 м. На нём стоял трёхантенный GPS-приёмник JLR-20 японской компании JRC (Japan Radio Corporation). Габаритные размеры его антенной системы (мм) представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 видно, как три антенны приёмника (1, 2, 3) образуют в плане правильный треугольник. Фазовые центры антенн задают плоскость, жёстко связанную с корпусом судна. Определяя положение этой плоскости в пространстве, определяют углы крена и дифферента судна.

Расстояния между фазовыми центрами антенн образуют измерительные базы, размеры которых одинаковы и известны с высокой точностью. При монтаже антенной системы измерительная база между антеннами 1 и 2 закрепляется строго параллельно диаметральной плоскости судна. Это упрощает алгоритм вычисления курса судна.

Рассмотрим принцип определения положения плоскости, проходящей через фазовые центры антенн. Для этого обратимся к рисунку 2, с помощью которого иллюстрируется определение ориентации любой из измерительных баз.

В точках А и В находятся фазовые центры антенн GPS-приёмника JLR-20. Расстояние от приёмника до спутника всегда не менее 20000 км, а расстояние между точками А и В (длина базы) – всего 0,45 м. Поэтому трассы сигналов спутника, поступающих в точки А и В, считаются параллельными друг другу. Пусть фаза электромагнитных колебаний в точке В будет Φ_B , а в точке А – Φ_A . В точке С фаза колебаний будет равна Φ_A , если прямая СВ перпендикулярна трассам распространения сигналов от спутника. Обозначим через $\Delta\varphi$ разность фаз колебаний в точках А и В, $\Delta\varphi = \Phi_A - \Phi_B$. Поскольку длина волны λ электромагнитных колебаний спутника системы Навстар GPS известна ($\lambda = 0,19029$ м), то отрезок b , эквивалентный разности фаз, вычисляется как $b = \Delta\varphi\lambda / (2\pi)$. Из прямоугольного треугольника ABC следует: $\cos \alpha = b/d$. Таким образом, чтобы определить ориентацию базы АВ относительно спутника, пространственные прямоугольные координаты которого известны в любой момент времени, достаточно измерить разность фаз сигналов, принимаемых от него в антеннах А и В. Тогда $\alpha = \arccos[\Delta\varphi\lambda / (2\pi)]$. Если подобным образом измерить разности фаз для каждой из трёх баз, то можно вычислить три угла, которыми однозначно будет задано положение измерительной плоскости в пространстве относительно спутника и относительно плоскости истинного горизонта.

Если база АВ параллельна диаметральной плоскости судна, то угол α станет курсовым углом на спутник, координаты которого известны. Координаты судна непрерывно определяются внутри GPS-приёмника JLR-20, используя кодовые измерения. Зная координаты спут-

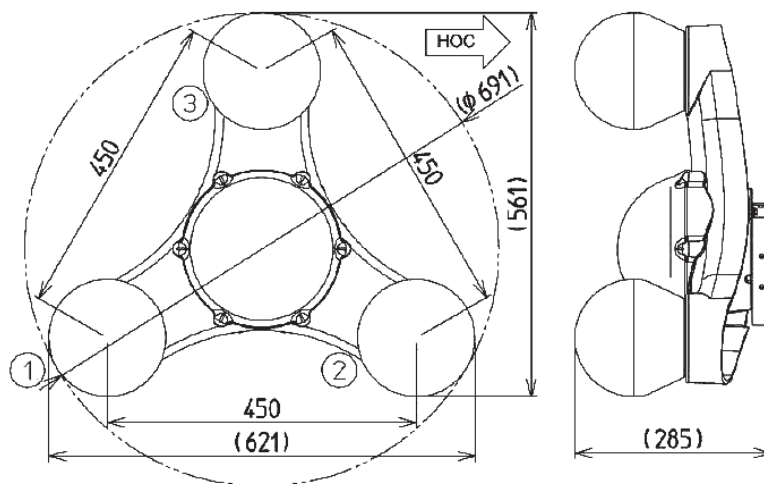


Рисунок 1 – Конструкция и размеры антенного устройства JLR-20 [1]

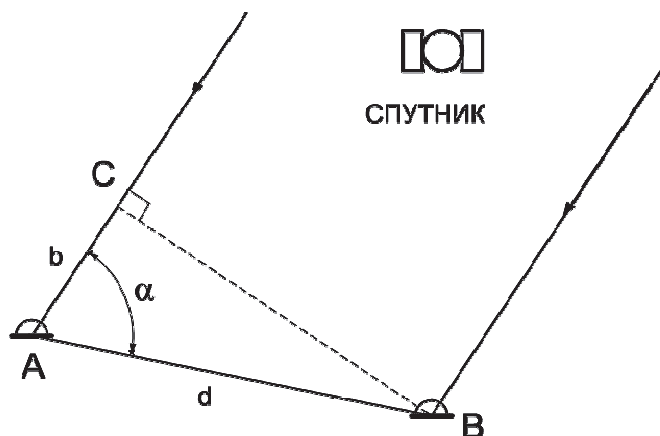


Рисунок 2 – Ориентация измерительной базы JLR-20

ника и координаты судна, всегда можно вычислить истинный пеленг с судна на спутник, а, следовательно, и истинный курс судна. Поэтому чаще GPS-приёмник JLR-20 называют спутниковым компасом.

Анализ формул позволяет сделать предварительный вывод о том, что для судна положение измерительной плоскости будет тем точнее, чем больше спутников будет располагаться вблизи зенита. Вдобавок сигналы таких спутников меньше страдают от ионосферных помех. Для точного определения курса необходимы спутники с малыми высотами над горизонтом. Но сигналы таких спутников подвержены большому негативному воздействию трансфоносферных помех. Следовательно, при равномерном распределении спутников по небесной сфере углы крена и дифферента будут определяться точнее курса. Погрешности курса возрастают, если какие-либо естественные или искусственные препятствия экранируют сигналы спутников. В приполярных широтах курс станет заведомо точнее крена и дифферента, так как там нет спутников вблизи зенита.

Так как паром «Бригадир Ришко» в течение длительного периода времени был выведен из эксплуатации, то автор данной статьи имел возможность выбрать такое время наблюдений, которое сопровождалось отсутствием ветра. Безветрие наступило ближе к полудню 3 июля 2014 года. Паром стоял в бухте Золотой Рог ошвартованным левым бортом к пассажирскому пирсу Чуркинской переправы в непосредственной близости от южного устоя моста. Стоял туман при почти штилевой погоде. Редко возникал непостоянный прижимной ветер со скоростью не более 1,5 м/с. Покачивание парома не ощущалось. Иногда наблюдались едва заметные крены от волн проходящих мимо маломерных судов. Текущие показания JLR-20 записывались с помощью цифровой видеокамеры в течение 62 мин и 15 с. На этапе предварительной обработки показания визуально считывались на моменты обновления каждой секунды времени и заносились в бумажные протоколы. Далее протоколы вручную оцифровывались. График изменения угла дифферента парома, построенный по 3736 наблюдениям, можно видеть на рисунке 3.

Как следует из графика рисунка 3, угол дифферента парома принимал главным образом два значения: либо $0,8^\circ$, либо $0,9^\circ$. В редких случаях его величина уменьшалась до $0,7^\circ$, что можно объяснить незначительной килевой качкой, вызванной волнами проходивших судов. Средняя величина дифферента составила $0,8258^\circ$ при среднем квадратическом отклонении (СКО) $\pm 0,055^\circ$. На рисунке 4 можно видеть график изменения крена парома за этот же период времени.

Сравнение графиков рисунков 3 и 4 позволяет сделать следующие выводы. Размах варьирования крена в пять раз превышает размах дифферента. Частично это можно объяснить тем, что углы бортовой качки всегда превышают углы килевой качки. В изменениях крена в начальном периоде наблюдений присутствует экспоненциальный вид тренда. Он нанесён на график пунктирной линией. Его присутствие можно объяснить наклоном судна на тугообтянутых швартовых в результате воздействия прилива. СКО крена относительно тренда составило $\pm 0,07^\circ$, что всё же больше СКО дифферента.

Если сравнить полученные здесь СКО крена и дифферента с СКО курса ($\pm 0,634^\circ$), при-

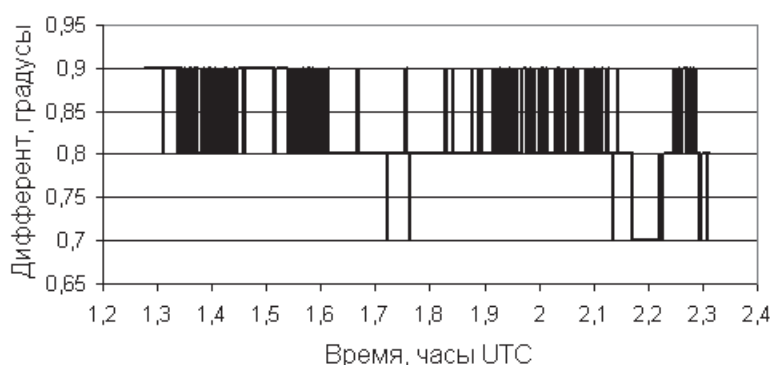


Рисунок 3 – График изменения дифферента

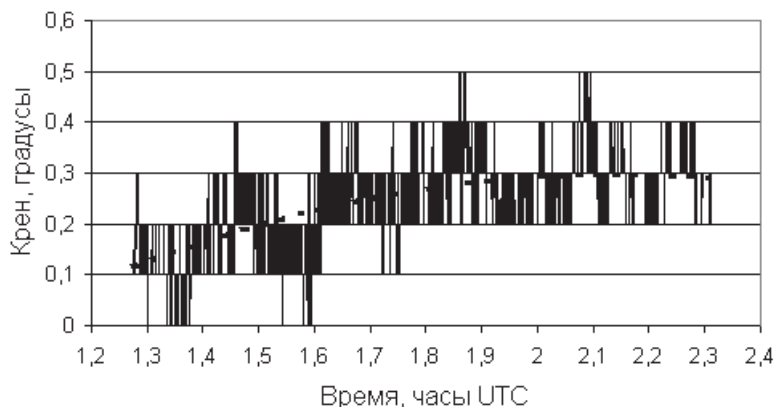


Рисунок 4 – График изменения крена

ведённым в [2], то можно подтвердить сделанное выше предположение о более точном определении трёхантенными GPS-приёмниками кренов и дифферентов.

Подводя итог, необходимо сделать следующие заключения.

Наблюдения на малоподвижном пароме позволили уточнить характеристики погрешностей измерения GPS-компасом JLR-20 углов крена и дифферента. Дальнейшие исследования точности GPS-компасов в судовых условиях можно продолжить с помощью перспективного устройства, разрабатываемого В.П. Умрихиным и А.Г. Поминовым в Сибирском государственном университете водного транспорта [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 GPS компас JLR-20/30. Руководство пользователя. Japan Radio Co., Ltd. -85 с.
- 2 Комаровский, Ю.А. Влияние расположения спутников СРНС Навстар GPS на работу трёхантенного спутникового компаса / Ю.А. Комаровский // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 139-143.
- 3 Умрихин, В.П. Исследование качки судна с использованием микроконтроллерной техники / В.П. Умрихин, А.Г. Поминов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 114-116.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: GPS-компас, погрешность курса, крен, дифферент

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, консультант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ИЗМЕРЕНИЕ ПРИЁМНИКОМ GP-37 АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ СУДНА, СТОЯЩЕГО К ЮГО-ЗАПАДУ ОТ ВЫСОКОГО СООРУЖЕНИЯ

ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления»
Дальневосточного отделения РАН
ФБОУ ВПО «Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского»

В.А. Кац, Ю.А. Комаровский

GP-37 RECEIVER MEASURING THE SPEED OVER GROUND OF A VESSEL STANDING TO THE SOUTHWEST OF A TALL STRUCTURE

Institute of automation and control processes
Maritime state university named after G.I. Nevelskoi
V.A. Katz, Yu.A. Komarovskiy

The article describes the work of a stationary GPS receiver, whose antenna was not receiving any signals from satellites located in the sky north-east hemisphere. Under those conditions, the receiver displayed speed greater than 0 knots in 65% of the measurements made. In the studied case, the course over ground was found to be close to 45 degrees, as well as to 225 degree.

Keywords: GPS-receiver, course angle, speed over ground, accuracy

Рассмотрена работа неподвижного GPS-приёмника, в антенну которого не поступают сигналы от спутников, расположенных в северо-восточной полусфере небосвода. В таких условиях приёмник в 65% случаев отображал скорость больше 0 узлов. При этом его путевой угол определялся близким к 45 градусам и к 225 градусам.

Миниатюризация и удешевление приёмников спутниковой радионавигационной системы (СРНС) Навстар GPS привели к массовому их внедрению в самые различные и порой неожиданные области применения. С их помощью стали реализуемыми системы и устройства, ранее существовавшие только в чертежах. Начали разрабатываться и внедряться в широкую практику новые приёмы и технологии, автоматизирующие и ускоряющие ранее трудоёмкие, дорогостоящие и опасные виды человеческой деятельности. Появились новые индустрии производства и развлечения. К их числу можно отнести, например, географические информационные системы, дроны, автоматическое судоходство, мониторинг и т.д. Всё перечисленное базируется всего на трёх достоинствах приёмников СРНС, а именно: на способности в реальном масштабе времени определять трёхмерные координаты, вектор абсолютной скорости и точные моменты времени.

Особое место среди современной индустриальной активности с привлечением приёмников СРНС занимают технологии управления тихоходными объектами, обладающими большой массой. Их приходится перемещать на некоторые расстояния, останавливать, а также удерживать в заданной точке, преодолевая воздействия ветра и течения. Примерами таких объектов могут служить супертанкеры, морские буровые и добывающие платформы и

даже айсберги вблизи стационарных платформ в Арктике. Здесь решающую роль играет способность приёмника СРНС определять с высокой точностью близкую к нулю абсолютную скорость.

Приёмник СРНС Навстар GPS определяет направление вектора абсолютной скорости COG (Course Over Ground) и модуль скорости SOG (Speed Over Ground). В отечественной морской терминологии направление вектора абсолютной скорости принято называть путевым углом. К сожалению, исследований проблемы, касающейся оценки точности определения COG и SOG приёмниками СРНС, крайне мало [1]. Ещё меньше изучена точность определения COG и SOG при перемещениях на крайне малых скоростях. В работах [2,3] показано, что по мере приближения SOG к нулю значительно увеличивается дисперсия COG.

Носители GPS-приёмников могут сблизаться на малых скоростях вплоть до остановки к естественным или искусственным объектам, препятствующим распространению сигналов от некоторых спутников. Поэтому возникает необходимость знать характеристики точности определения COG и SOG в таких условиях. Цель данной статьи заключается в получении вида и параметров распределения COG и SOG неподвижного судна на малом расстоянии от высокого препятствия.

Вполне естественно предположить, что при таких условиях GPS-приёмник будет всегда отображать нулевое значение SOG и равномерно распределённое от 0 до 360° значение COG.

Обозначим через c случайную величину COG, распределённую с плотностью вероятности $f(c)$ [4]

$$f(c) = \begin{cases} 0, & c < 0; \\ E, & 0 \leq c \leq 360; \\ 0, & c > 360, \end{cases}$$

где E – постоянная величина, равная $1/360$.

Получим формулу функции распределения $F(c)$ случайной величины c

$$F(c) = \begin{cases} 0, & c < 0; \\ \frac{c}{360}, & 0 \leq c \leq 360; \\ 1, & c > 360. \end{cases}$$

Найдём математическое ожидание M_c случайной величины c , зная выражение плотности распределения

$$M_c = \int_0^{360} cf(c)dc = \int_0^{360} \frac{c}{360} dc = \frac{c^2}{2 \times 360} \Big|_0^{360} = 180^\circ.$$

Получим выражения для дисперсии D_c и среднего квадратического отклонения (СКО) σ_c случайной величины c , для чего воспользуемся начальным моментом второго порядка

$$D_c = M_c^{(2)} - (M_c)^2 = \frac{(360)^2}{3} - \frac{(360)^2}{4} = \frac{(360)^2}{12};$$

$$\sigma_c = \sqrt{D_c} = \frac{360}{2\sqrt{3}} = \frac{360}{3,4641} \approx 103,923^\circ.$$

Чтобы принять или опровергнуть гипотезу о равномерном законе распределения COG, воспользуемся данными, полученными в ноябре 2011 года в ходе эксперимента с неподвижным судовым GPS-приёмником GP-37. Антенна приёмника с 6 по 11 ноября была закреплена на подоконнике лаборатории Радионавигационных приборов и систем первого учебного корпуса Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского во Владивостоке. Фазовый центр антенны выступал за стену учебного корпуса, обращённую к юго-западу. При этом здание учебного корпуса экранировало сигналы спутников с северо-востока. Генерируемые приёмником COG и SOG круглосуточно автоматически заносились на жёсткий диск ноутбука. Всего было зарегистрировано 286523 значений параметров вектора абсолютной скорости. Точечная оценка математического ожидания эмпирического распределения COG получилась равной $163,773^\circ$, что значительно отличается от теоретической. В то же время эмпирическое СКО ($\pm 102,033^\circ$) оказалось довольно близким к теоретическому.

Для получения гистограммы эмпирического распределения COG были рассчитаны относительные частоты по 72 интервалам (секторам) шириной 5 каждый. Гистограмма эмпирического распределения COG в прямоугольной системе координат представлена на рисунке 1.

Вид гистограммы рисунка 1 не оставляет места для сомнений относительно закона распределения случайной величины COG. Налицо бимодальное распределение с максимумом, приходящимся на 222,5°. Этот факт позволяет сделать следующие выводы. Распределение COG неподвижного приёмника вблизи высокого сооружения (берега) не подчиняется равномерному закону. Чаще всего направление вектора абсолютной скорости располагается перпендикулярно к плоскости сооружения, затемняя сигналы спутников. Эти выводы подтверждаются рисунком 2.

Предварительный анализ величин SOG, полученных в ходе экспериментальных наблюдений, позволил сделать заключение об отсутствии превалирования среди них нулевых значений. Рассчитанные относительные частоты SOG можно видеть в таблице.

Из таблицы следует, что возле высокого препятствия распространению сигналов спутников неподвижный GPS-приёмник верно определяет модуль абсолютной скорости судна всего в 35% измерениях. На долю отсчётов скорости, превышающей 0 узлов, приходится до 65% отсчётов. Чаще всего (в 54% случаев) приёмник будет отображать скорость 0,1 узла (0,05 м/с).



Рисунок 1 – Гистограмма плотности эмпирического распределения COG

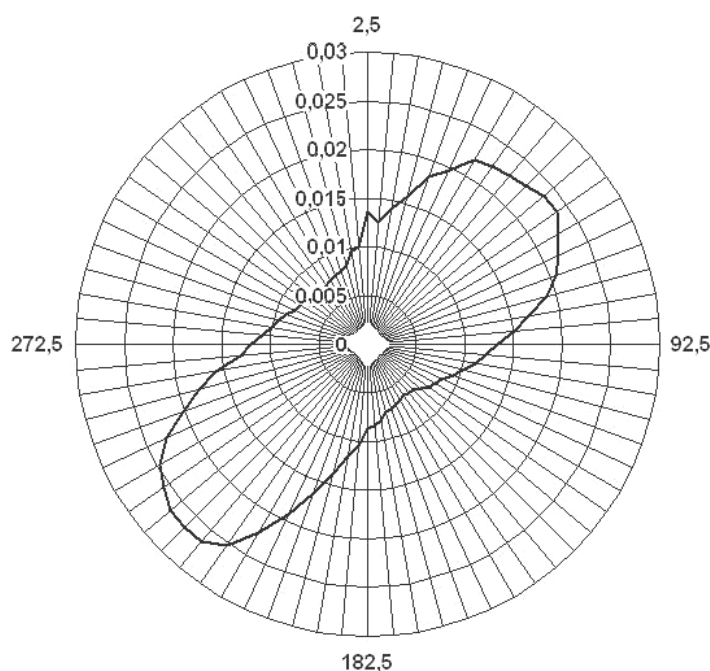


Рисунок 2 – Распределение COG в полярной системе координат

Таблица – Распределение относительных частот зарегистрированных скоростей

Значение SOG, уз	Относительная частота	Значение SOG, уз	Относительная частота
0	0,352181	0,7	0,000115
0,1	0,540384	0,8	0,000056
0,2	0,086537	0,9	0,000021
0,3	0,015402	1,0	0,000010
0,4	0,003734	1,1	0,000017
0,5	0,001120	1,3	0,000007
0,6	0,000401	1,4	0,000014

Подводя итог проделанному анализу, можно остановиться на следующих выводах:

– В непосредственной близости от препятствия, закрывающего с северо-востока спутники системы Навстар GPS, неподвижный приёмник предоставляет ложную информацию, которая может дезориентировать потребителя.

– Если судно вплотную подойдёт на курсах, близких к 45°, к высокому и крутому берегу или к сооружению, то показания GPS-приёмника могут оказаться причиной посадки на мель или навала.

– Обнаруженные отрицательные свойства приёмников СРНС могут повлечь принятие неверных решений в операциях по ликвидации прибрежных аварийных разливов при использовании GPS-буёв для мониторинга пятен нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Комаровский, Ю.А. Анализ проблемы оценки точности измерения скорости судовым GPS-приёмником / Ю.А. Комаровский // Транспортное дело России. -2005. -№3 специальный выпуск. -С. 103-108.

2 Комаровский, Ю.А. Диагностика остановки носителя GPS-приёмника компании Furuno / Ю.А. Комаровский // Вестник Мор. гос. ун-та. -Вып. 43/2010. Серия Автоматическое управление, математическое моделирование и информационные технологии. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. -С. 94-99.

3 Комаровский, Ю.А. Вариабельность путевого угла (COG) на малых скоростях судна / Ю.А. Комаровский // Пробл. трансп. Дальн. Вост.: мат-лы юб. XX межд. научн.-практ. конф. посвящённой 200-летию адм. Г.И. Невельского. 2-4 окт. 2013 г. (FEBRAT-13). -Владивосток: Морск. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2013. -С. 30-34.

4 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. -М.: Гос. изд-во физико-математ. литературы, 1962. -564 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: приёмник GPS, путевой угол, модуль вектора абсолютной скорости, точность

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кац Владимир Александрович, главный специалист-программист ИАПУ ДВО РАН Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, консультант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690041, г.Владивосток, ул.Радио, 5, ИАПУ ДВО РАН

690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОБАРОТНЫХ ГРЕБНЫХ КОЛЁС СИСТЕМЫ Ф. МИХАЙЛОВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков

CONSTRUCTION OF APPROXIMATION OF EXPRESSIONS GRAPHIC DEPENDENCIES FOR HIGH-SPEED PADDLE WHEELS OF F. MIKHAILOVA

Siberian state university of water transport

P.A. Bimberekov

Reception of approximation of expressions graphic dependencies stress factor and moment for high-speed paddle wheels of F. Mikhailova.

Keywords: paddle wheel, factor of the stress, factor of the moment

Рассматривается получение аппроксимационных выражений графических зависимостей коэффициентов упора и момента для гребных колёс системы Ф. Михайлова.

Гребные колёса Ф. Михайлова имеют более низкие весогабаритные характеристики по сравнению с другими вариантами гребных колёс [1]. Им присуща более высокая частота вращения при сохранении оптимальной кинематики плиц. В результате экспериментальных исследований в опытовом бассейне, получены диаграммы коэффициентов упора и момента для рычажно-шарнирного и шатунно-кулочкового вариантов колёс, которые представлены в виде графических зависимостей [1]. Для составления расчётных программ определения параметров движителей на ЭВМ наиболее удобны аналитические выражения. Поэтому в настоящей статье приводятся аппроксимационные выражения для указанных коэффициентов. Значения с графических зависимостей работы [1] снимались с использованием способа по [2]. На рисунках 1 и 2 приведены зависимости для коэффициента упора C_T и момента C_Q для рычажно-шарнирных колёс. На рисунках 1-4 представлено сопоставление исходных данных – точки (крайние точки кривых получены экстраполяцией графических зависимостей) с аппроксимационными выражениями всего поля данных (рисунки с индексом «а») и погрешностей полученных выражений (рисунки с индексом «б»).

$$1/\sqrt{C_T} = (-0,15\Phi + 0,434)\lambda^2 + (0,3\Phi - 0,434)\lambda + 0,095\Phi^2\lambda - 0,17\Phi + 0,647, \quad (1)$$

где Φ – число Фруда колеса

$$\Phi = n_c \sqrt{D},$$

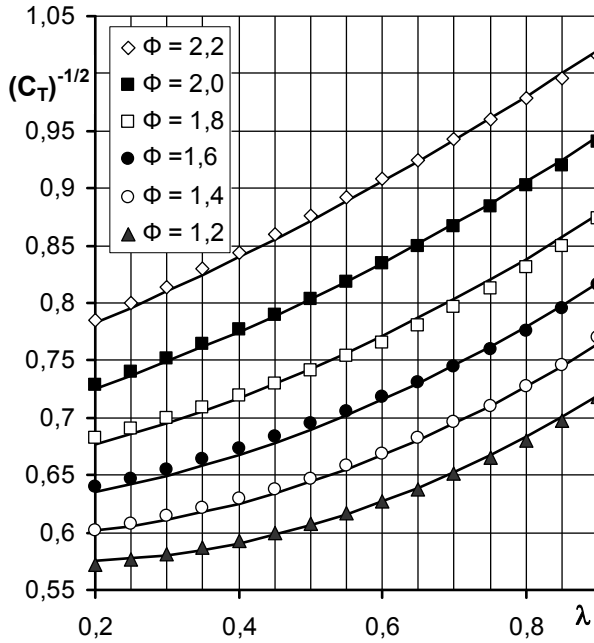
где n_c – частота вращения, c^{-1} ;

D – диаметр колеса по центрам плит, м;

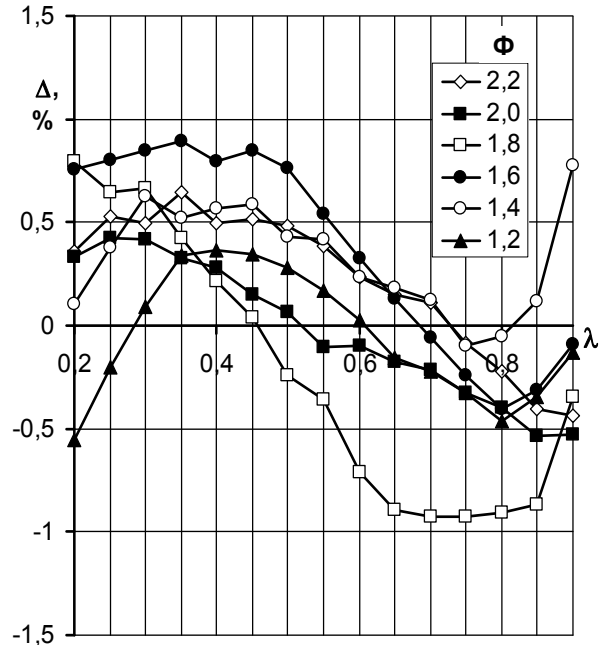
λ – относительная поступь

$$\lambda = V / (\pi n_c D),$$

V – скорость движения судна, м/с.



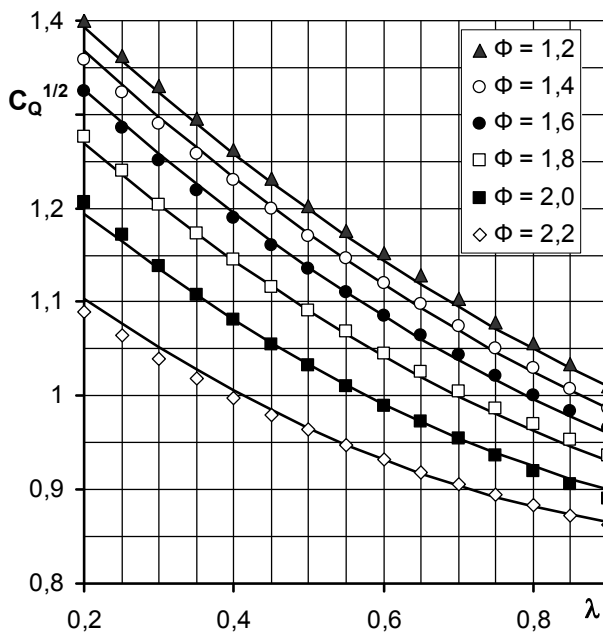
а)



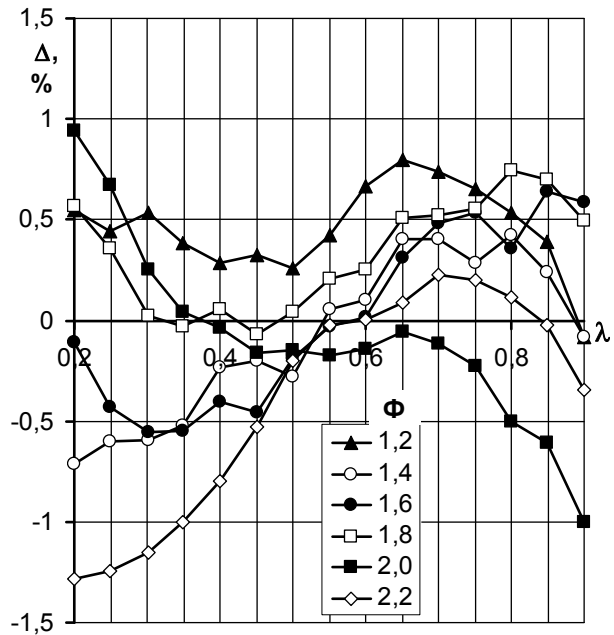
б)

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи для рычажно-шарнирных гребных колес по (1)

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (1) имеет погрешность до 1,0%, что можно считать удовлетворительным.



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с прямыми плитами (аппроксимация поля значений по (2))

$$\sqrt{C_Q} = (0,05\Phi + 0,19)\lambda^2 + (0,25\Phi^2 - 0,7\Phi - 0,34)\lambda - 0,256\Phi^2 + 0,55\Phi + 1,255. \quad (2)$$

Погрешность выражения (2) практически лежит в пределах 1,0% (за исключением трёх точек при $\Phi = 1,8$, где она не превосходит 1,27%), что можно считать удовлетворительным.

На рисунках 3,4 приведены зависимости для коэффициента упора C_T и момента C_Q для шатунно-кулачковых колёс.

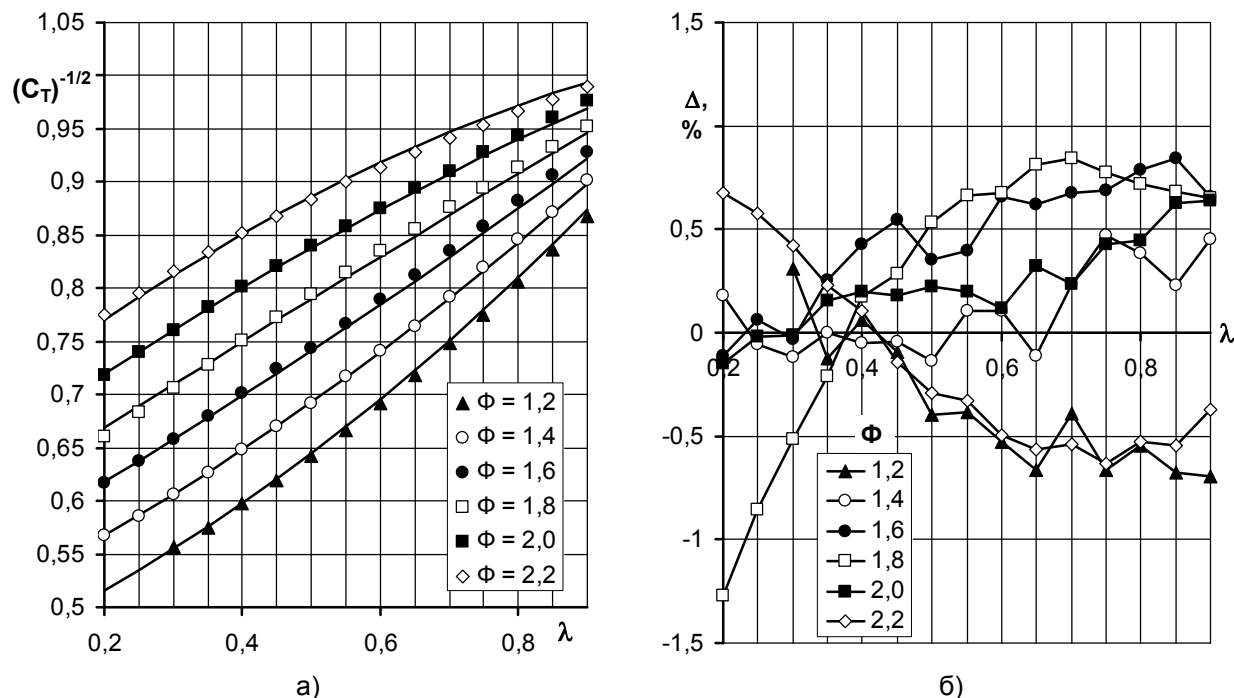


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи для шатунно-кулачковых гребных колёс по (2)

$$1/\sqrt{C_T} = (-0,382\Phi + 0,667)\lambda^2 + (0,229\Phi + 0,0068)\lambda + 0,223\Phi + 0,184. \quad (3)$$

Погрешность выражения (3) практически лежит в пределах 1,0% (за исключением трёх точек при $\Phi = 1,8$, где она не превосходит 1,28%), что можно считать удовлетворительным.

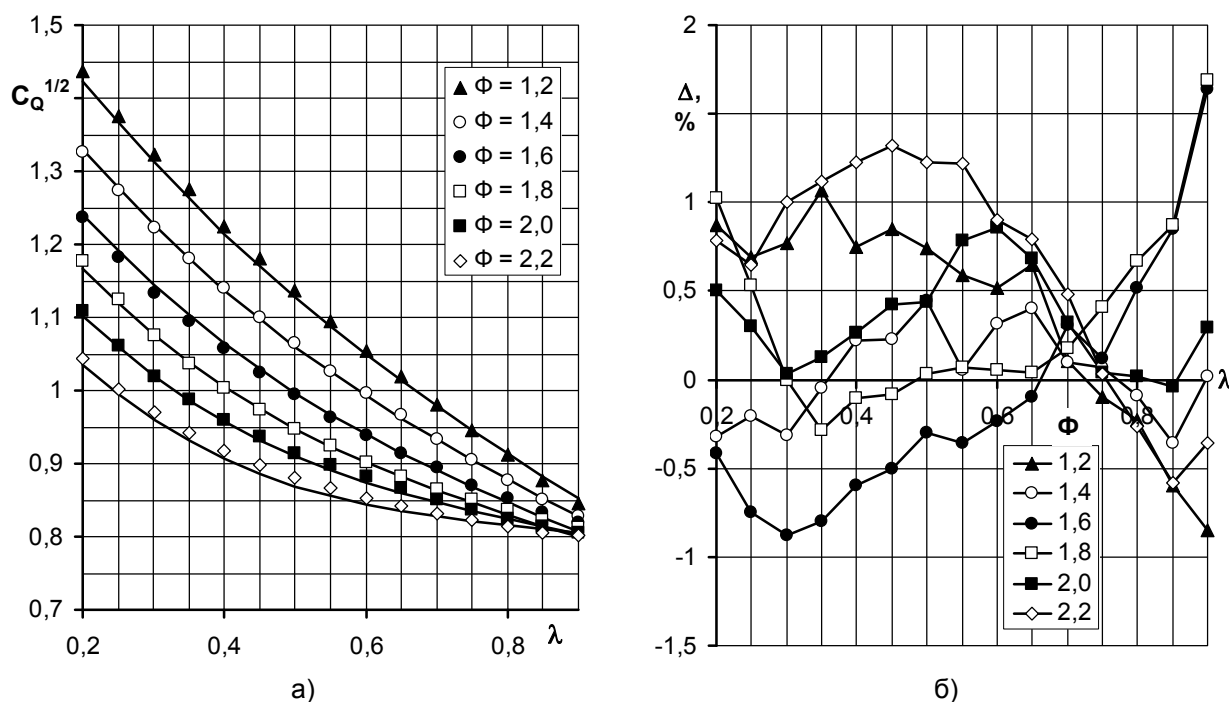


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с шевронными плечами

$$\sqrt{C_Q} = (-0,388\Phi + 0,18)\lambda^3 + (0,755\Phi - 0,02)\lambda^2 + (0,0546\Phi - 1,56)\lambda - 0,321^4 + 2,133^3 - 5,12\Phi^2 + 4,81\Phi + 0,27. \quad (4)$$

В подавляющей части диапазона относительной поступи выражение (4) имеет погрешность до 1,0%, исключение составляют несколько точек внутри диапазона относительной поступи при $\Phi = 2,2$ (до 1,32%) и двух точек на границе указанного диапазона при $\Phi = 1,6$ и $\Phi = 1,8$, где значения погрешности не превосходят 1,7%, что можно считать допустимым.

Полученные аппроксимационные выражения для параметров радиальных гребных колёс удовлетворительно соответствуют восстановленным числовым данным и могут служить составлению расчётных программ на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузьменко, Ю.Н. Методы расчёта альтернативных движителей: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Ю.Н. Кузьменко. -Новосибирск: Новосиб. ин-т инж. водн. трансп., 1994. -53 с.
- 2 Бимбереков, П.А. Способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям и получение аппроксимационных выражений водомётных движителей водоизмещающих судов / П.А. Бимбереков // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *гребное колесо, коэффициент упора, коэффициент момента*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОДНОЛОПАСТНЫХ ЧАСТИЧНО ПОГРУЖЕННЫХ ВИНТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков

CONSTRUCTION OF APPROXIMATION OF EXPRESSIONS GRAPHIC DEPENDENCIES FOR SINGLE BLADE PARTIALLY SUBMERGED PROPELLERS

Siberian state university of water transport
 P.A. Bimberekov

Reception of approximation of expressions graphic dependencies stress factor and moment for single blade partially submerged propellers.

Keywords: propellers, factor of the stress, factor of the moment

Рассматривается получение аппроксимационных выражений графических зависимостей коэффициентов упора и момента для однолопастных частично погруженных винтов.

Однолопастные частично погруженные винты (ОЧПВ) представляют собой плоскую ленту, навитую по винтовой поверхности на несущий цилиндр [1]. Весь несущий цилиндр, содержащий гребной вал, расположен над водой. Часть винтовой поверхности погружена таким образом, что гидравлическое сечение движителя представляет собой площадь кругового сегмента. При работе ОЧПВ на передний ход поток воды отбрасывается назад и в сторону относительно гребного вала. Поэтому движительный комплекс ОЧВП должен состоять из двух винтов со встречным вращением к диаметральной плоскости судна, или двух пар ОЧПВ, где каждая пара вращается в одну и ту же сторону.

ОЧВП позволяют получить большие значения упора при умеренных нагрузках, а большая частота вращения упрощает согласование с энергетической установкой.

В результате экспериментальных исследований в опытном бассейне, получены диаграммы для проектирования комплекса с ОЧПВ, которые представлены в виде графических зависимостей [1]. Для составления расчётных программ определения параметров движителей на ЭВМ наиболее удобны аналитические выражения. Поэтому в настоящей статье приводятся аппроксимационные выражения для указанных зависимостей. Значения с графических зависимостей работы [1] снимались с использованием способа по [2]. На рисунках 1,2 приведены соответственно базовые диаграммы для коэффициента упора C_T' и КПД η' , и соответственно аппроксимационные зависимости в выражениях (1) и (2). На всех рисунках представлено сопоставление исходных данных – точки с аппроксимационными выражениями всего поля данных (рисунки с индексом «а») и погрешностей полученных выражений (рисунки с индексом «б»).

$$C_T' = (-0,0666\Phi + 0,738)\lambda^2 + (0,1203\Phi - 1,507)\lambda - 0,00313\Phi^3 + 0,0392\Phi^2 - 0,326\Phi + 1,34, \quad (1)$$

где Φ – по [1] относительная частота одиночного винта

$$\Phi = n_c \sqrt{H},$$

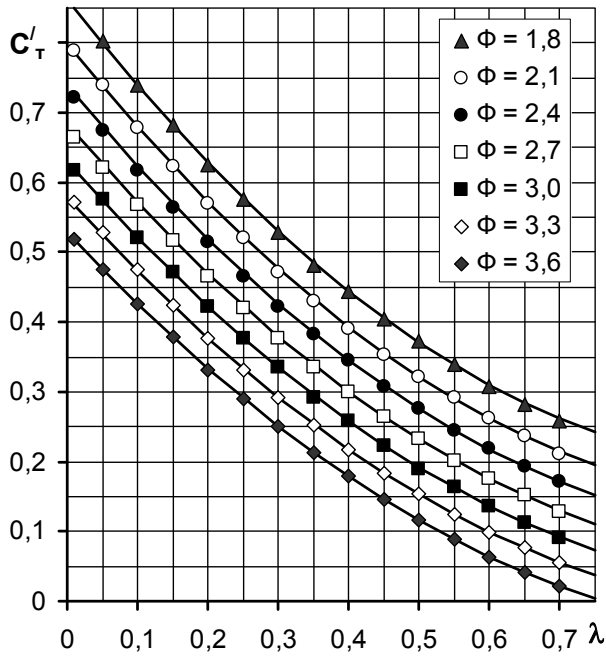
n_c – частота вращения, с^{-1} ;

H – шаг винтовой линии кромки ОЧВП, м;

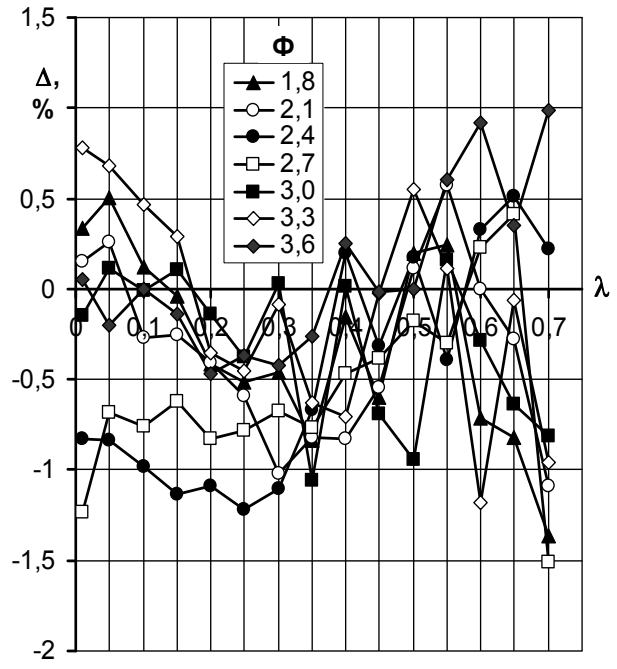
λ – относительная поступь одиночного винта

$$\lambda = V / (n_c H);$$

V – скорость движения в свободной воде, м/с.



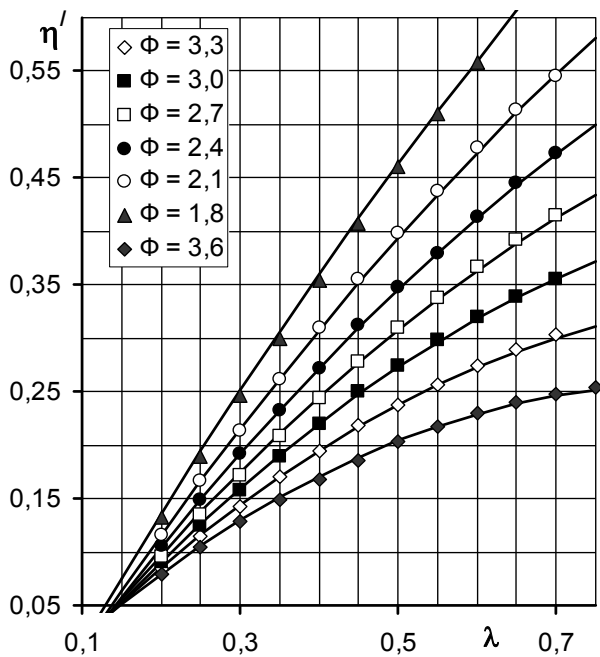
а)



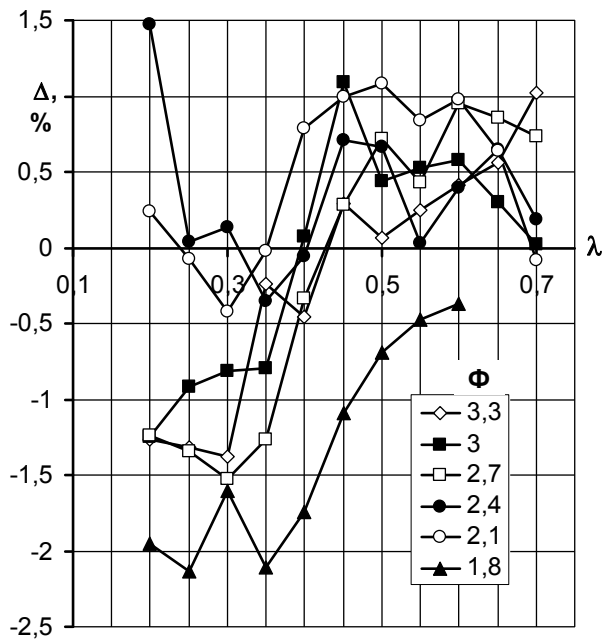
б)

Рисунок 1 – Базовая диаграмма коэффициента упора (аппроксимация поля значений по (1))

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (1) имеет погрешность до $\pm 1,5\%$, что можно считать удовлетворительным.



а)



б)

Рисунок 2 – Базовая диаграмма КПД (аппроксимация поля значений по (2))

$$\eta' = (-0,06\Phi - 0,2)\lambda^2 + (0,0436\Phi^4 - 0,533\Phi^3 + 2,439\Phi^2 - 5,23\Phi + 5,47)\lambda + 0,038\Phi - 0,182. \quad (2)$$

В подавляющей части диапазона относительной поступи выражение (2) имеет погрешность до $\pm 1,5\%$ (за исключением пяти точек при $\Phi_1 = 1,8$, где погрешность достигает $2,13\%$), что можно считать допустимым.

На рисунке 3 и 4 приведены зависимости поправочных коэффициентов, учитывающие отличие геометрических параметров ОЧВП от базовых.

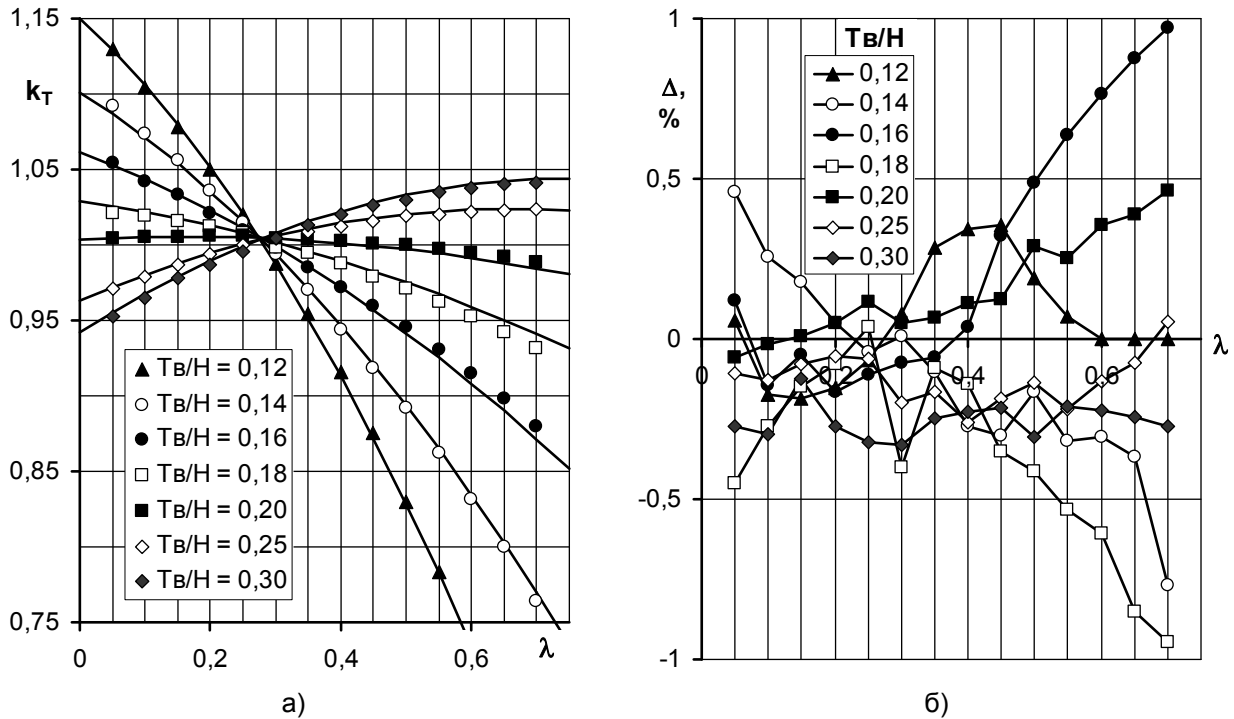


Рисунок 3 – Зависимость для поправочного коэффициента упора от относительной поступи (аппроксимация поля значений по (3))

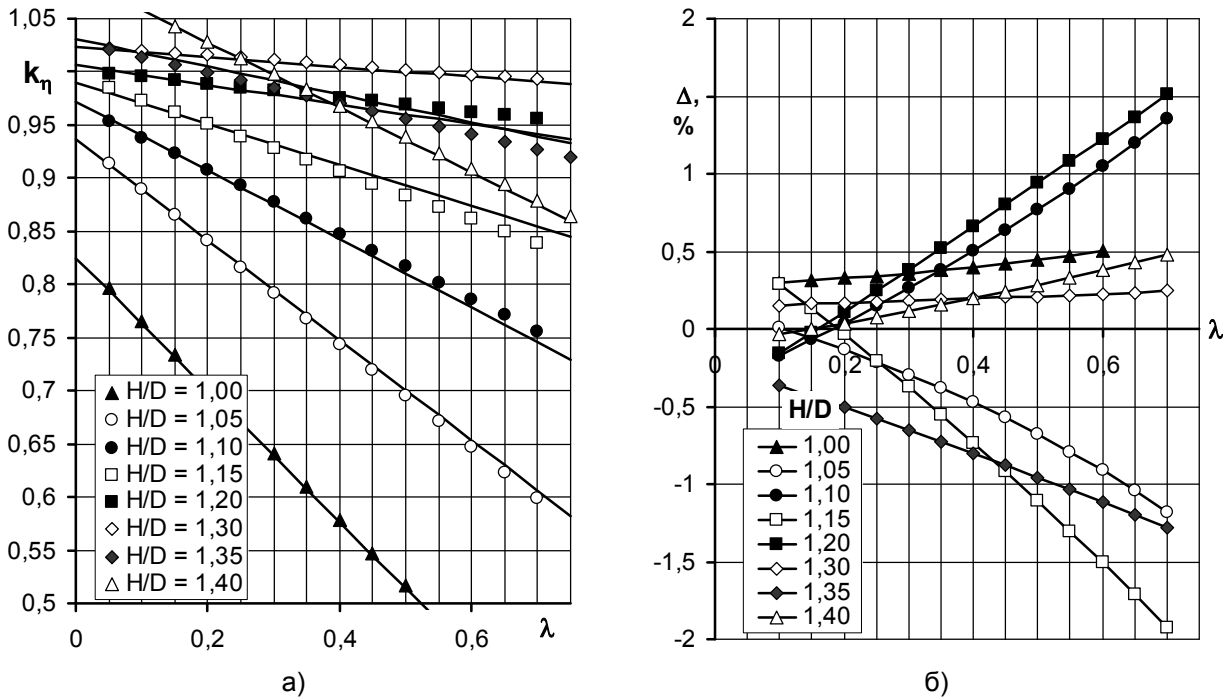


Рисунок 4 – Зависимость для поправочного коэффициента значений КПД от относительной поступи (аппроксимация поля значений по (4))

$$k_T = \left[321(T_B/H)^3 - 235(T_B/H)^2 + 55,4(T_B/H) - 4,32 \right] \lambda^2 + \left[-15(T_B/H)^2 + 10(T_B/H) - 1,377 \right] \lambda - 21,8(T_B/H)^3 + 20,3(T_B/H)^2 - 6,62(T_B/H) + 1,69, \quad (3)$$

где T_B, H – соответственно и заглублиение шаг винтовой линии кромки и диаметр ОЧВП, м.

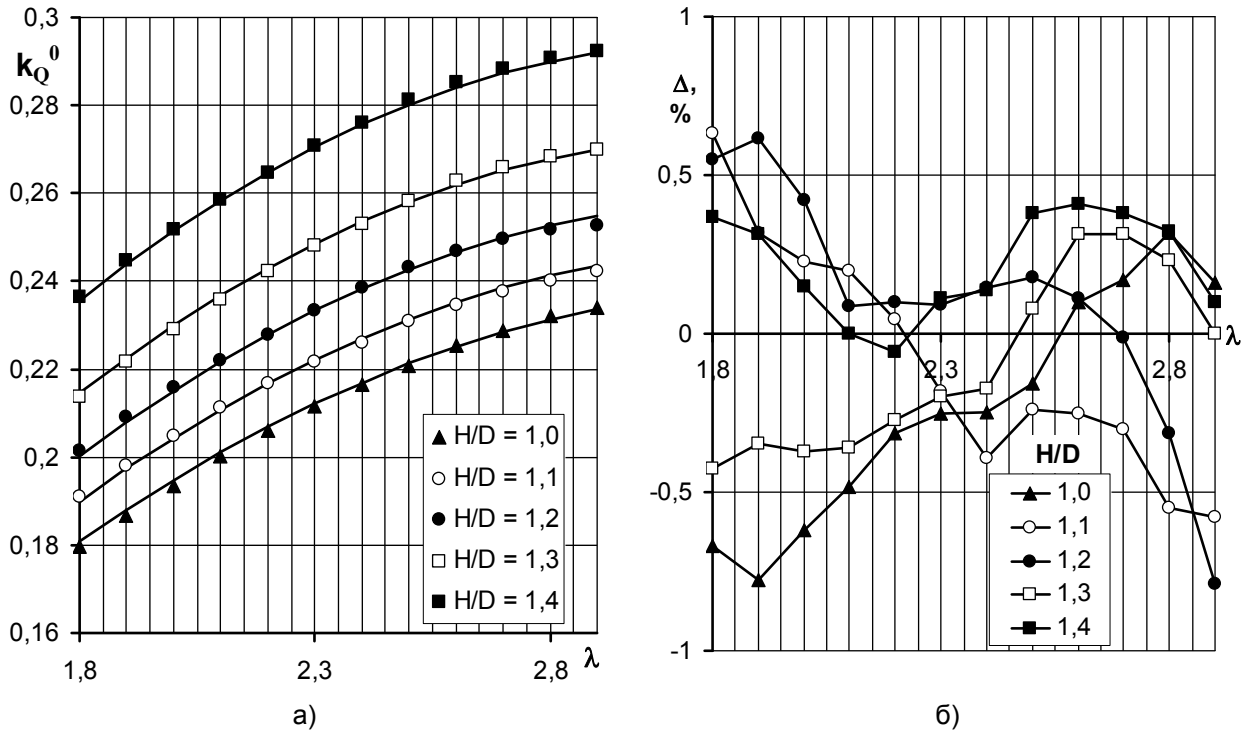


Рисунок 5 – Диаграмма коэффициента момента ОЧПВ на швартовых (аппроксимация поля значений по (5))

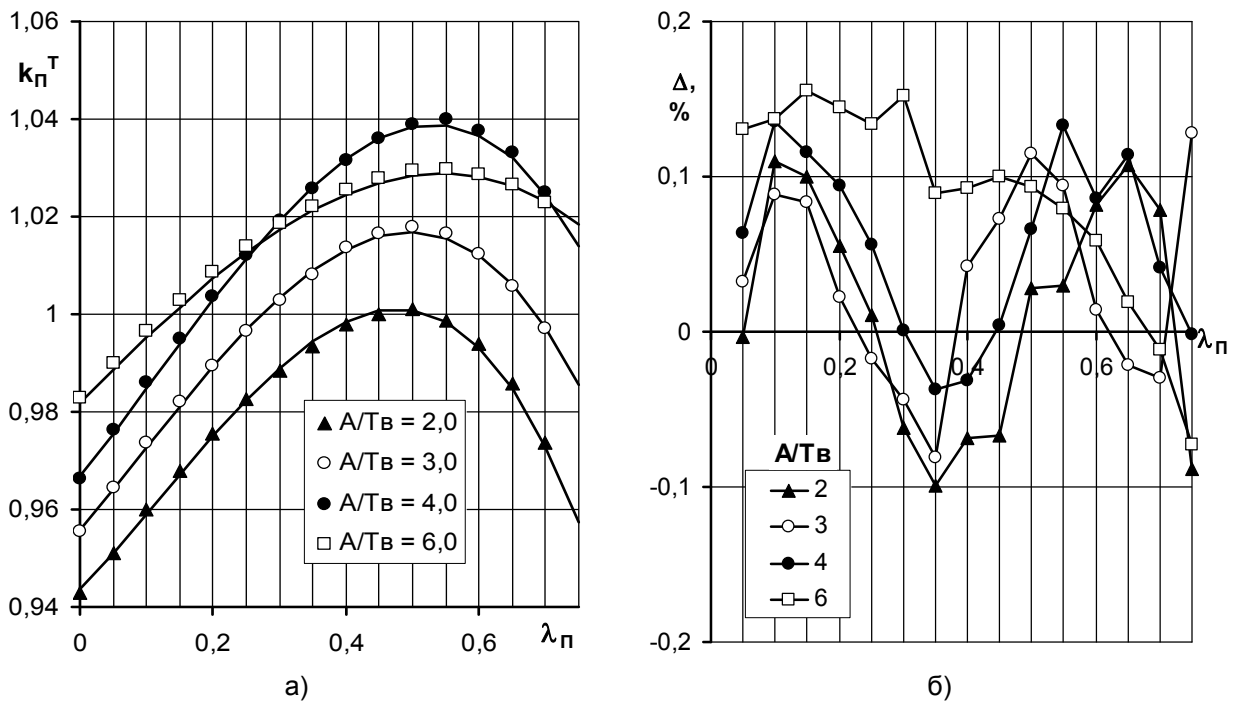


Рисунок 6 – Диаграмма для коэффициента упора для пары ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (6))

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (3) имеет погрешность до $\pm 1,0\%$, что можно считать удовлетворительным.

$$k_{\eta} = [-19,734(H/D)^3 + 61,749(H/D)^2 - 61,367(H/D) + 18,73] \lambda + 494,9(H/D)^5 - 2982,7(H/D)^4 + 7179,1(H/D)^3 - 8626,8(H/D)^2 + 5176,227(H/D) - 1239,902, \quad (4)$$

где D – диаметр ОЧВП, м.

Погрешность выражения (4) лежит в пределах $\pm 1,5\%$, исключение имеют две точки при $H/D = 1,15$, где погрешность доходит до $1,92\%$, что можно считать допустимым.

На рисунке 5 дана диаграмма коэффициента момента ОЧПВ на швартовых k_Q^0 .

$$k_Q^0 = [-0,016(H/D) - 0,0084] \lambda^2 + [0,0833(H/D) + 0,0794] \lambda + 0,466(H/D)^3 - 1,477(H/D)^2 + 1,552(H/D) - 0,574, \quad (5)$$

где H, D – соответственно шаг винтовой линии кромки и диаметр ОЧВП, м.

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (5) имеет погрешность $\pm 0,79\%$, что можно считать удовлетворительным.

На рисунке 6 и 7 и выражениях (6), (7) приведены соответственно зависимости поправочных коэффициентов по упору k_{η}^T и моменту k_{η}^Q учитывающие использование парных ОЧВП.

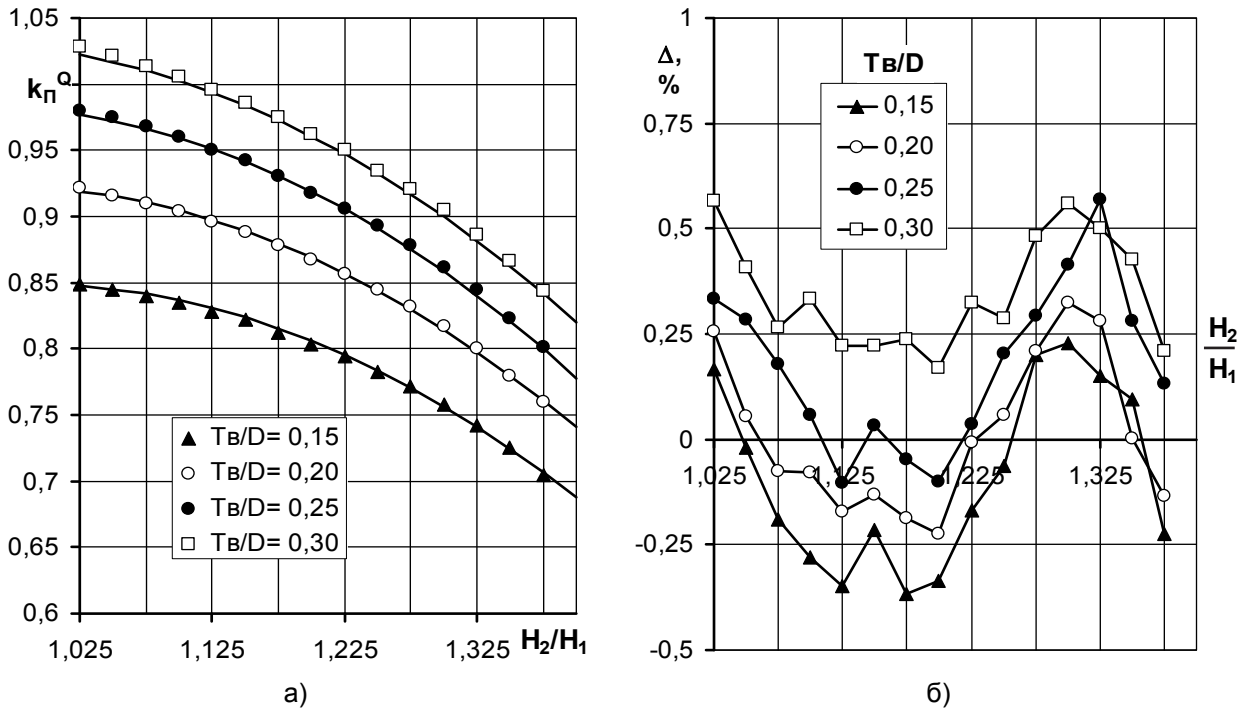


Рисунок 7 – Диаграмма для коэффициента упора для пары ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (7))

$$k_{\eta}^T = [0,0309(A/T_B)^3 - 0,351(A/T_B)^2 + 1,284(A/T_B) - 1,85] \lambda_{\eta}^3 + [-0,0281(A/T_B)^3 + 0,3228(A/T_B)^2 - 1,17(A/T_B) + 1,44] \lambda_{\eta}^2 + [0,0009(A/T_B)^3 - 0,0183(A/T_B)^2 + 0,0986(A/T_B) + 0,0098] \lambda_{\eta} + [-0,00016(A/T_B)^3 + 0,0009(A/T_B)^2 + 0,0107(A/T_B) + 0,9199], \quad (6)$$

где A – расстояние между осями винтов в паре ОЧВП, м;

λ_{η} – относительная поступь пары ОЧПВ

$$\lambda_{\eta} = \frac{V}{n_c + 0,5(H_1 + H_2)},$$

где H_1, H_2 – шаг винтовой линии кромки ОЧВП первого и второго винта соответственно, м.

Во всём диапазоне значений выражение (6) имеет погрешность до $0,16\%$, что можно считать удовлетворительным.

$$k_n^Q = [251,2(T_B/D)^3 - 162,3(T_B/D)^2 + 33,6(T_B/D) - 3,18](H_2/H_1)^2 + [-539(T_B/D)^3 + 350,3(T_B/D)^2 - 73,8(T_B/D) + 6,87](H_2/H_1) + [291(T_B/D)^3 - 192,8(T_B/D)^2 + 43,04(T_B/D) - 3,17]. \quad (6)$$

Во всём диапазоне значений выражение (7) имеет погрешность до 0,57%, что можно считать удовлетворительным.

На рисунке 8 и 9 приведены зависимости коэффициентов влияния корпуса на коэффициенты упора k_K^T и момента k_K^Q при одиночных ОЧПВ.

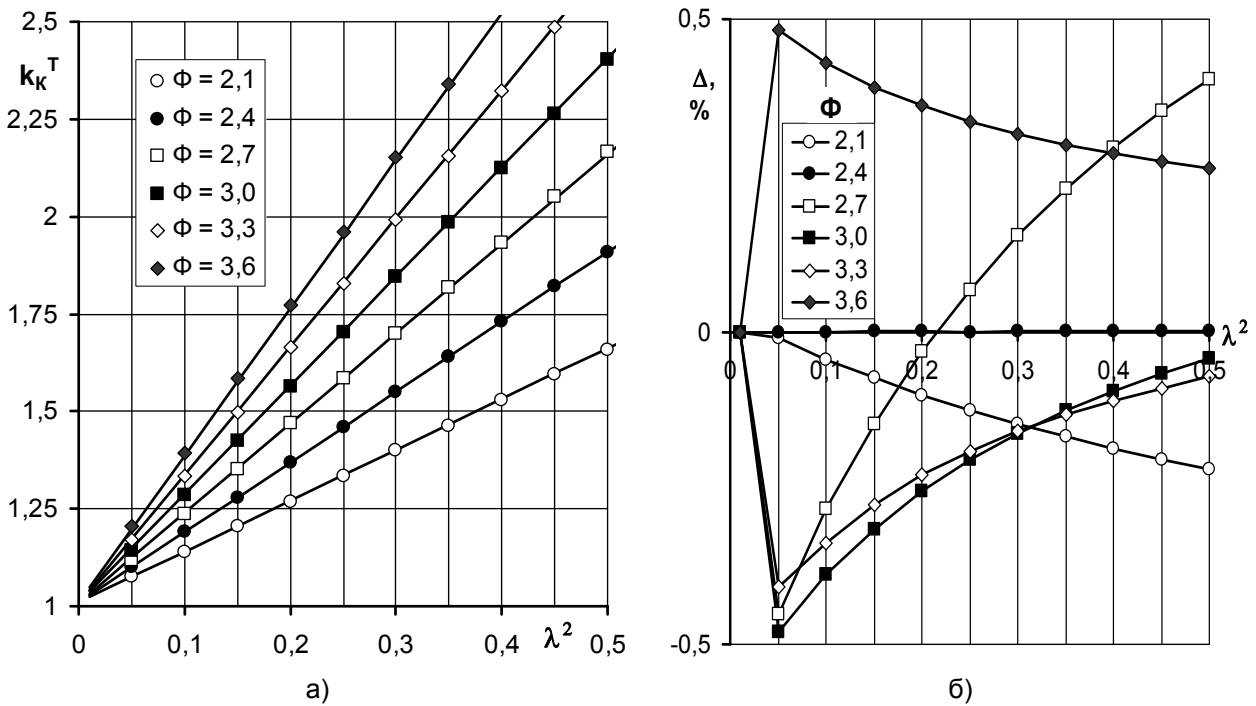


Рисунок 8 – Диаграмма для коэффициента влияния корпуса на упор у одиночных ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (8))

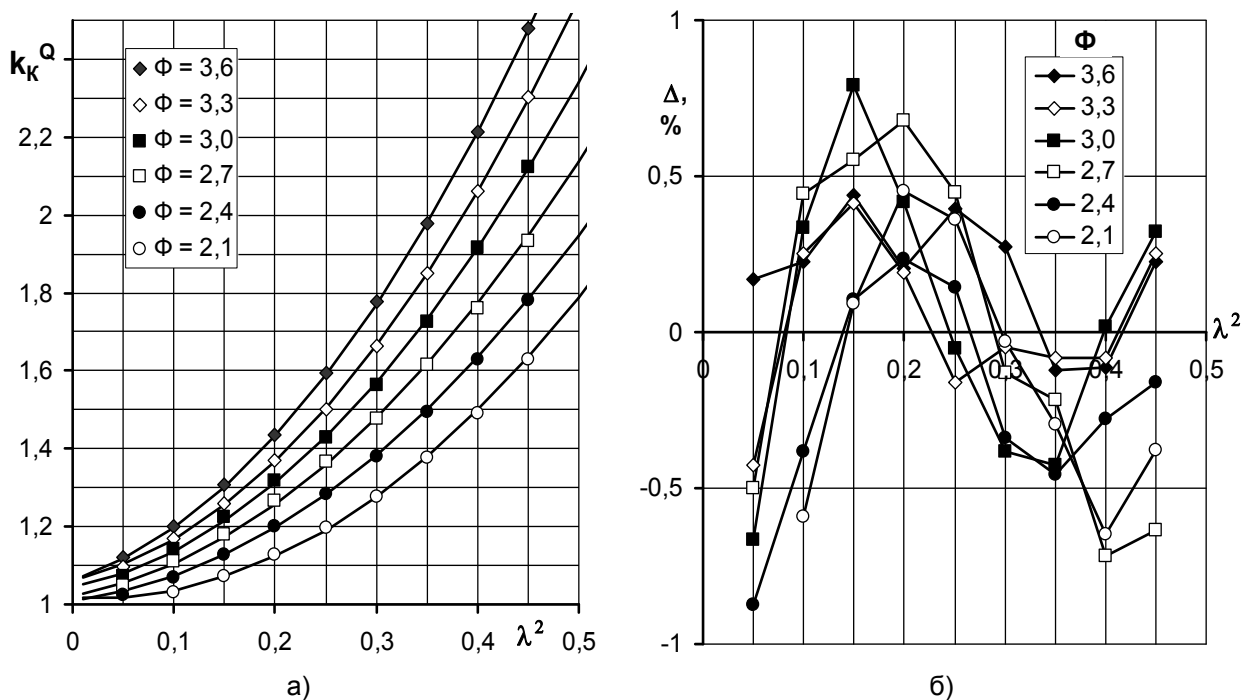


Рисунок 9 – Диаграмма для коэффициента влияния корпуса на момент у одиночных ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (9))

$$k_k^T = (1,65\Phi - 2,16)\lambda^2 + 1,01. \quad (8)$$

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (8) имеет погрешность до $\pm 0,5\%$, что можно считать удовлетворительным.

$$k_k^Q = (-2,13\Phi^3 + 18,98\Phi^2 - 53,9\Phi + 52,6)\lambda^4 + (1,06\Phi^3 - 9,34\Phi^2 + 27,45\Phi - 26,42)\lambda^2 + (-0,0777\Phi^3 + 0,677\Phi^2 - 1,89\Phi + 2,72), \quad (9)$$

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (9) имеет погрешность значений до $0,8\%$, что можно считать удовлетворительным.

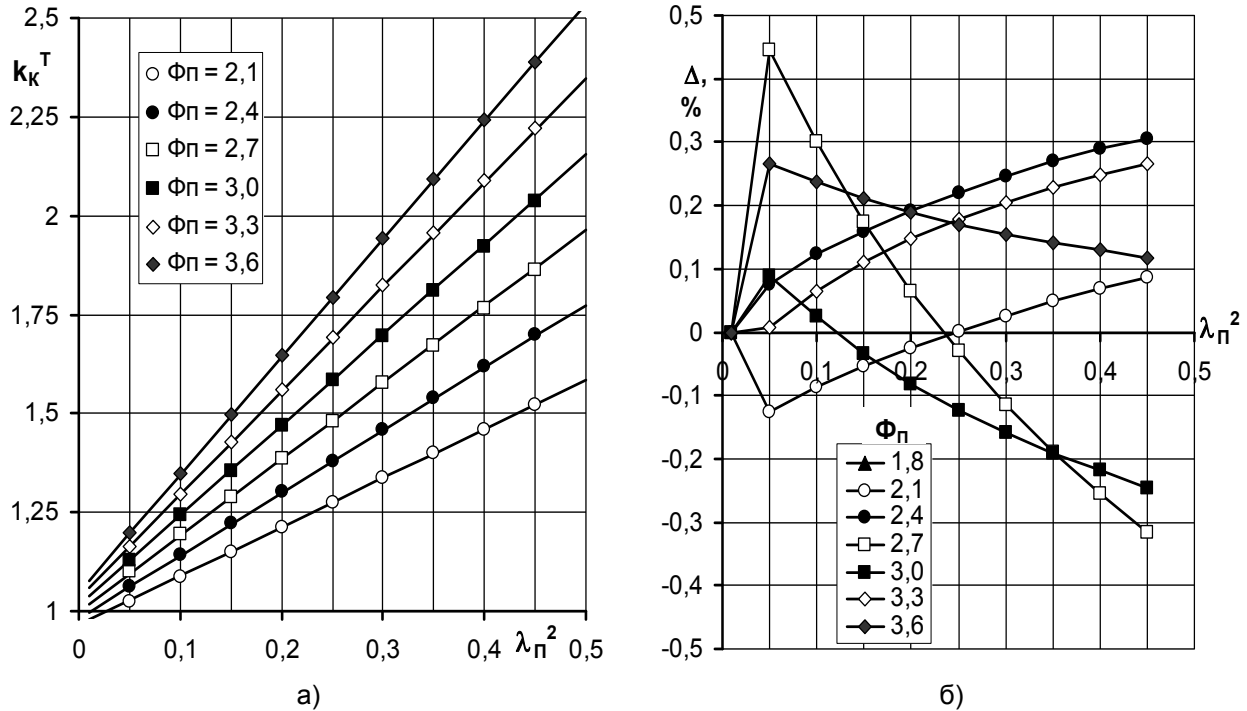


Рисунок 10 – Диаграмма для коэффициента влияния корпуса на упор у парных ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (10))

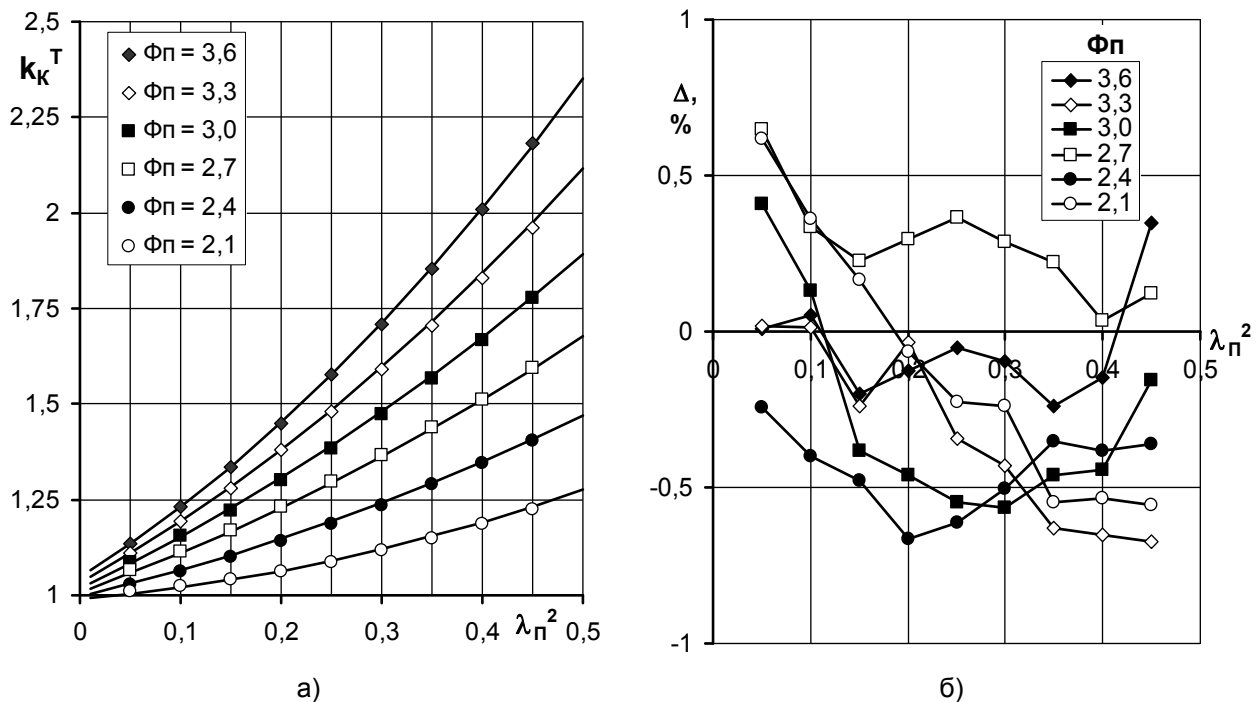


Рисунок 11 – Диаграмма для коэффициента влияния корпуса на момент у одиночных ОЧПВ (аппроксимация поля значений по (11))

На рисунке 10 и 11 приведены зависимости коэффициентов влияния корпуса на коэффициенты упора k_k^T и момента k_k^O при парных ОЧПВ

$$k_k^T = (1,15\Phi_n - 1,2)\lambda_n^2 + 0,055\Phi_n + 0,85. \quad (10)$$

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (10) имеет погрешность значений до 0,45%, что можно считать удовлетворительным

$$k_k^O = (0,77\Phi_n^2 - 3,53\Phi_n + 4,7)\lambda_n^4 + (-0,303\Phi_n^2 + 2,65\Phi_n - 4)\lambda_n^2 + 0,0123\Phi_n^2 - 0,0303\Phi_n + 1. \quad (11)$$

Во всём диапазоне относительной поступи выражение (11) имеет погрешность значений до 0,67%, что можно считать удовлетворительным.

Полученные аппроксимационные выражения для параметров однолопастных частично погруженных винтов удовлетворительно соответствуют восстановленным числовым данным и могут служить составлению расчётных программ на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузьменко, Ю.Н. Методы расчёта альтернативных движителей: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Ю.Н. Кузьменко. -Новосибирск: Новосиб. ин-т инж. водн. трансп., 1994. -53 с.
- 2 Бимбереков, П.А. Способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям и получение аппроксимационных выражений водомётных движителей водоизмещающих судов / П.А. Бимбереков // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015. -№3. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *гребной винт, коэффициент упора, коэффициент момента*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков, Н.С. Королёва

CONSTRUCTION OF APPROXIMATION OF EXPRESSIONS GRAPHIC DEPENDENCIES TO DETERMINE THE RESIDUAL RESISTANCE OF MARINE VESSELS

Siberian state university of water transport
 P.A. Bimberekov, N.S. Koroleva

Reception of approximation of expressions graphic dependencies of residual resistance coefficient marine vessels.

Keywords: coefficient of residual resistance, correction values, analytical dependences

Рассматривается получение аппроксимационных выражений графических зависимостей коэффициентов остаточного сопротивления морских транспортных судов.

Одним из способов оценки значений остаточного сопротивления судов является использование графических зависимостей, полученных на основе систематических модельных испытаний. Потребность в определении величины остаточного сопротивления судов имеет место как в процессе их проектирования [1, 2], так и в процессе корректировки параметров движения судна в ходе эксплуатации, при изменениях характеристик ходкости судов [3, 4]. В данной статье возьмём в рассмотрение графики для морских транспортных судов, полученные В.М. Штумпфом [1].

Для составления расчётных программ на ЭВМ наиболее удобны аналитические выражения. Поэтому в настоящей статье приводятся аппроксимационные выражения для указанных зависимостей. Значения с графических зависимостей работы снимались с использованием способа по [5].

Для графика коэффициентов остаточного сопротивления C_R , не удалось получить единых аппроксимационных выражений всего поля данных, поэтому даётся следующий набор зависимостей, промежуточные значения между которыми нужно получать методом линейной интерполяции.

$$C_R(Fr = 0,15) = 10^{-3} (-57,348\delta^3 + 121,4\delta^2 - 82,704\delta + 18,774); \quad (1)$$

$$C_R(Fr = 0,16) = 10^{-3} (-50,784\delta^3 + 112,5\delta^2 - 79,423\delta + 18,594); \quad (2)$$

$$C_R(Fr = 0,17) = 10^{-3}(-51,629\delta^3 + 113,69\delta^2 - 79,573\delta + 18,487); \quad (3)$$

$$C_R(Fr = 0,18) = 10^{-3}(60,908\delta^3 - 112,47\delta^2 + 71,766\delta - 15,164); \quad (4)$$

$$C_R(Fr = 0,19) = 10^{-3}(148,39\delta^3 - 288,29\delta^2 + 189,46\delta - 41,334); \quad (5)$$

$$C_R(Fr = 0,20) = 10^{-3}(160,6\delta^3 - 300,44\delta^2 + 189,84\delta - 39,815); \quad (6)$$

$$C_R(Fr = 0,21) = 10^{-3}(222,2\delta^3 - 407,54\delta^2 + 251,27\delta - 51,413); \quad (7)$$

$$C_R(Fr = 0,22) = 10^{-3}(492,26\delta^3 - 950,18\delta^2 + 614,65\delta - 132,42); \quad (8)$$

$$C_R(Fr = 0,23) = 10^{-3} \left(-825717,48\delta^6 + 3516866,49\delta^5 - 6222160,75\delta^4 + \right. \\ \left. + 5853467,5\delta^3 - 3088168,51\delta^2 + 866330,47\delta - 100960,74 \right); \quad (9)$$

$$C_R(Fr = 0,24) = 10^{-3}(159,14\delta^3 - 190,59\delta^2 + 55,337\delta + 1,8003); \quad (10)$$

$$C_R(Fr = 0,25) = 10^{-3}(684,27\delta^3 - 1239,6\delta^2 + 754,02\delta - 153,22); \quad (11)$$

$$C_R(Fr = 0,26) = 10^{-3}(665,71\delta^3 - 1226,9\delta^2 + 762,82\delta - 158,88); \quad (12)$$

$$C_R(Fr = 0,27) = 10^{-3}(434,11\delta^3 - 809,98\delta^2 + 518,05\delta - 111,71); \quad (13)$$

$$C_R(Fr = 0,28) = 10^{-3}(1,8369\delta^3 + 49,557\delta^2 - 45,505\delta + 11,005); \quad (14)$$

$$C_R(Fr = 0,29) = 10^{-3}(307,13\delta^3 - 499,27\delta^2 + 289,83\delta - 57,865); \quad (15)$$

$$C_R(Fr = 0,30) = 10^{-3}(-305,27\delta^3 + 712,07\delta^2 - 496,39\delta + 110,36); \quad (16)$$

$$C_R(Fr = 0,31) = 10^{-3}(-1792,9\delta^3 + 3524,5\delta^2 - 2263,6\delta + 479,59); \quad (17)$$

$$C_R(Fr = 0,32) = 10^{-3}(-595,96\delta^3 + 1230,8\delta^2 - 800,85\delta + 169,15); \quad (18)$$

$$C_R(Fr = 0,33) = 10^{-3}(-1651,5\delta^3 + 3262\delta^2 - 2102,1\delta + 446,53), \quad (19)$$

где Fr – число Фруда

$$Fr = U/\sqrt{gL};$$

U – скорость судна, м/с;

g – ускорение свободного падения;

L – длина судна, м;

δ – коэффициент общей полноты корпуса судна, м.

Выражения для стандартной величины относительного положения центра величины $\bar{x}_c = x_c/L$ и относительной длины $\bar{l}_0 = L/\sqrt[3]{V}$ (V – объёмное водоизмещение судна) аппроксимированы соответственно выражениями:

$$\bar{l}_0 = 1,48\delta^2 - 4,85\delta + 8,44; \quad (20)$$

$$\bar{x}_c = 2568,2\delta^4 - 7851,6\delta^3 + 8886,1\delta^2 - 4398,3\delta + 801,6. \quad (21)$$

Погрешность выражений (1)-(21) в подавляющем диапазоне значений δ лежит в пределах 2,5% и только шесть точек имеют погрешность до 4%, что можно считать допустимым, сопоставимым с погрешностью эксперимента лёгшего в основание исходных графических зависимостей.

Для определения поправки значения коэффициента остаточного сопротивления от отклонения величины относительной длины судна \bar{l} от стандартного значения используются [1, 2] зависимость χ_l

$$\chi_l = (-58,044Fr^3 + 58,14Fr^2 - 18,095Fr + 1,7595)\bar{l}^4 + \\ + (1442,4Fr^3 - 1450,4Fr^2 + 451,83Fr - 43,865)\bar{l}^3 + \\ + (939,28Fr^4 - 14466,96Fr^3 + 13980,2Fr^2 - 4302,57Fr + 414,7407)\bar{l}^2 + \\ + (-8250Fr^4 + 64799,9Fr^3 - 60142,6Fr^2 + 18270,63Fr - 1748,65)\bar{l} + \\ + (15984Fr^4 - 104605,14Fr^3 + 95601,32Fr^2 - 28888,914Fr + 2757,4). \quad (22)$$

Погрешность выражения (22) за исключением двух точек не превосходит 2,55% при максимальной погрешности 3,62%, что можно считать удовлетворительным.

Для определения поправки значения коэффициента остаточного сопротивления от ве-

личины относительной смоченной поверхности корпуса судна $\bar{\omega}$ используется коэффициент a_{ω}

$$a_{\omega} = -0,00755(B/T)^2 + 0,03756(B/T) + 0,954 . \quad (23)$$

Для определения поправки значения коэффициента остаточного сопротивления от отношения ширины судна к осадке, B/T , используется коэффициент $k_{B/T}$

$$k_{B/T} = (29,333Fr^4 - 28,813Fr^3 + 10,303Fr^2 - 1,578Fr + 0,08922)(B/T)^3 + (-313,53Fr^4 + 307,46Fr^3 - 109,92Fr^2 + 16,832Fr - 0,9569)(B/T)^2 + (1060,3Fr^4 - 1035Fr^3 + 369,35Fr^2 - 56,464Fr + 3,272)\bar{I} + (-1163,9Fr^4 + 1129,9Fr^3 - 402,13Fr^2 + 61,32Fr - 2,73). \quad (25)$$

Погрешность выражений (24) и (25) не превосходит $\pm 0,15\%$, что можно считать хорошим результатом. Может быть предложено и более простое выражение для $k_{B/T}$ по (26), представленный на рисунке.

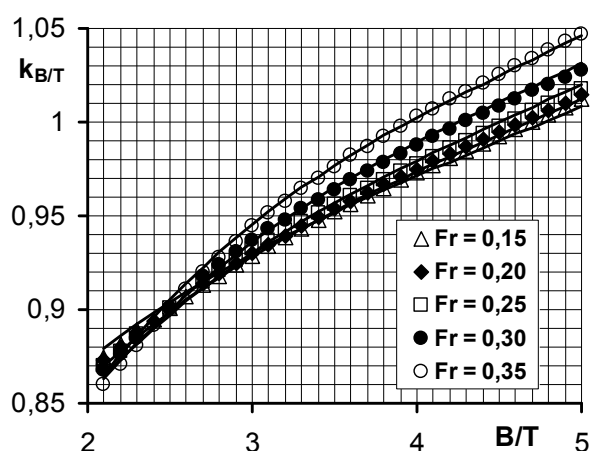


Рисунок — Поправки к коэффициенту остаточного сопротивления на влияние величины B/T по (26)

$$k_{B/T} = (0,00862Fr + 0,000595)(B/T)^3 + (-0,125Fr - 0,6Fr^3)(B/T)^2 + (0,743Fr^2 - 1,3Fr + 0,845). \quad (26)$$

Погрешность выражения (26) в основном лежит в пределах $\pm 0,6\%$, что можно считать вполне удовлетворительным результатом.

Полученные аппроксимационные выражения для коэффициента остаточного сопротивления морских транспортных судов удовлетворительно соответствуют восстановленным числовым данным и могут служить составлению расчётных программ на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Басин, А.М. Гидромеханика судна. Сопротивление воды, движители, управляемость и качка: учеб. пособие / А.М. Басин, В.Н. Анфимов. -Л.: Транспорт, 1961. -684 с.
- 2 Жинкин, В.Б. Теория и устройство корабля / В.Б. Жинкин. -Спб.: Судостроение, 1995. -336 с.
- 3 Бимбереков, П.А. К вопросу выбора скорости движения судна при изменении сопротивления воды / П.А. Бимбереков // Речной транспорт (XXI век). -2008. -№6. -С. 86-90.
- 4 Пат. №2347202 Российская Федерация, МПКG01 M10/00. Способ обеспечения параметров поверхности средств, их параметров движения относительно внешней среды / Бимбереков П.А. -№2006136478/28; заявл. 16.10.2006; опубл. 20.02.2009, бюл.№5.
- 5 Бимбереков, П.А. Способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям и получение аппроксимационных выражений водомётных движителей водоизмещающих судов / П.А. Бимбереков // Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент остаточного сопротивления, поправки значений, аналитические зависимости

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Бимбереков Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Королёва Наталья Сергеевна, аспирант, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОПЕРАТОРА ВИБРИРУЮЩИХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.В. Пахомова, О.В. Щербакова

MODERN METHODS OF PROTECTION OF THE OPERATOR OF THE VIBRATING MACHINES

Siberian state university of water transport

L.V. Pakhomova, O.V. Shcherbakova

The article studies the problem of the protection of the operator of the vibrating machine from the adverse effects of vibration. Analyzed modern methods of protection and offered a promising method of addressing this issue.

Keywords: operator protection vibrating machines, vibration isolation seat, natural frequency, vibration disease

Исследована проблема защиты оператора вибрирующих машин от негативного воздействия вибрации. Проанализированы современные методы защиты и предложен перспективный метод решения данного вопроса.

Наличие непосредственного контакта человека с вибрирующими поверхностями обуславливает распространение вибраций по всему телу. Этому в значительной степени способствует хорошая проводимость механических колебаний тканями тела человека, особенно костной тканью. Поэтому кажущиеся локальными вибрации в действительности нередко распространяются на самые отдаленные участки поверхности тела, и могут достигать там значительных амплитуд.

Производственные вибрации, близки к частотам собственных колебаний тела человека и его внутренних органов (4-100 Гц), вызывают резонансные явления в организме [3].

Работа оператора транспортного средства сопровождается вибрацией, приводящей к профзаболеваниям. Формирование физиологических и патологических сдвигов со стороны различных систем организма, частота и степень выраженности этих нарушений зависят от эргономических данных рабочего места и особенностей человека. Вибрация оказывает опасное действие на отдельные органы тела и организм человека в целом, вызывая вибрационную болезнь.

Результаты исследования общественного мнения, проведенного ВЦИОМ: из 674 опрошенных людей, которые постоянно пользуются транспортом, 42% жалуются на легкое неудобство от вибрации, 15,5% – на ощутимый дискомфорт, 14,4% – на раздражающее действие. И только 27,5% не испытывают никаких негативных ощущений. В 75% случаев причинами профессиональных заболеваний становятся шум и вибрация. Наблюдения за профессиональными водителями показали, что после 1-9 лет трудового стажа вибрация вызывает ряд заболеваний у 13% работников, после 10 лет – у 14% [4].

С точки зрения производства - это вызывает или простои техники, или же замена работника на менее квалифицированного работника, что, естественно, снижает производительность машины. Далее, следует заметить, что лечение проводится за счет работодателя, то есть проблема защиты оператора от воздействия вибрации остается актуальным и не решенным вопросом.

Одним из вариантов решения данной проблемы – изготовление конструкций кресел со специальными виброизолирующими устройствами, блокирующих вибрацию, за счет рассеивания энергии колебаний на путях воздействия на организм человека.

В настоящий момент, используют ряд модернизируемых кресел.

ОАО «Вятское машиностроительное предприятие АВИТЕК» предлагает и успешно реализует на отечественном рынке модернизированное кресло КЛ-7500М.0-02. Предназначено для установки в кабины локомотивов, мотор-вагонного и специального подвижного состава, а также вагонов метро. Кресло жестко крепится к полу кабины. Конструкция кресла предусматривает защиту оператора от низкочастотных колебаний за счет специального механизма содержащего динамически уравновешенные звенья. Система содержит вязкоупругие элементы с нелинейными характеристиками. Недостатком данной конструкции является неполная развязка по степеням свободы. В этом случае вибрация передается по незащищенным степеням.

Одним из основных средств борьбы с неизбежной вибрацией и обеспечения удобной рабочей позы и сравнительно дешевым средством является качественное сиденье водите-

ля. Транспортные предприятия за рубежом отчетливо ощущают влияние круга проблем устройства рационального сидения в мобильной машине. Воспользуемся официальными данными профсоюзов Германии за 1995 г. Средний километраж грузового автомобиля в 1995г. составил для местных сообщений 45000 км и для перевозок на дальнее расстояние 145000 км при 230-340 дней времени использования в год. Зарплата водителя в 1995 г. в обороте нетто составила в местном сообщении 43,7% и в дальних перевозках 36,6%. Заболеваемость в 1995 г. составила в целом 4,9%, (то есть при 220 рабочих днях 10,8 пропущенных (по болезни) дней). Убытки составили для местного сообщения 215 DM и для дальних перевозок 323 DM за день (в расчете на одного водителя) [4].

Для России этот показатель, с учетом состояния дорог, значительно выше. Только издержки пропущенных дней в году делают оправданным приобретение ортопедического виброзащитного сиденья для водителя грузового автомобиля. Сокращение и исключение пропущенных дней, а также увеличение времени эксплуатации грузового автомобиля в году дает только прибыль. Рабочее место в кабинах водителя и оператора не должно быть источником заболеваний. Оно должно рационально поддерживать человека при его деятельности и уменьшать вредные нагрузки. Приведенные данные относятся к грузовым автомобилям. Для операторов энергетических установок эти данные также актуальны.

Вопросы проектирования сидений транспортно-технологических машин рассмотрены в работе [2]. Уровень и частотный спектр вибраций на рабочем месте водителя зависит от профиля дороги, скорости движения, уровня вибраций двигателя, подвески шасси и кабины и, наконец, сиденья водителя. Современное водительское сиденье имеет две основных части - это посадочное место (само сиденье и спинка с подголовником) и подвеска сиденья (достаточно сложное устройство с пружиной - механической или пневматической, амортизатором и специальным направляющим устройством). Посадочное место должно обеспечить оптимальную рабочую позу водителя, прежде всего, с точки зрения сведения к минимуму напряжения в позвоночном столбе - для этого необходимо обеспечить изменение профиля спинки, например, с помощью воздушных специальных карманов, расположенных под обивкой, в которые подается воздух, или из которых он стравливается в атмосферу. К посадочному месту относятся также повышающие комфорт водителя - подлокотники и способствующий оптимальной рабочей позе - подголовник.

Наиболее сложное водительское сиденье разработано немецкой фирмой «Grammer AG». Оно снабжено ручками управления машиной (джойстиком), установленными на специальных консолях. Такое решение позволяет машинисту-оператору в течение всей рабочей смены, а она достигает 15-16 ч, не менять позу, управляя машиной. Это сиденье может использоваться в экскаваторах и тяжелых кранах и промышленных тракторах большой мощности.

Отечественные сиденья, как правило, характеризуются низким коэффициентом подавления вибраций, низким сроком службы и плохими эргономическими показателями. Установка высококачественного сиденья на отечественных машинах – это не только улучшение безопасности, комфорта и эргономичности рабочего места – это получение машины с улучшенными эксплуатационными характеристиками незначительными по сравнению со стоимостью машины средствами.

Известны примеры использования отрицательной жёсткости (ОЖ) для создания принципиально новых высокоэффективных сидений [1, 2]. Разработки с использованием ОЖ выполнены для железнодорожного транспорта, геологов, угольной промышленности. Разработанные средства защиты рассеивают до 70-75% энергии колебаний. Особенностью конструкции является почти полное исключение инерционной массы между защищаемым объектом и вибрирующим основанием.

В основе предложенной конструкции лежат упругие элементы, сочетающие высокую, практически предельную для современной техники, прочность и конструкционное демпфирование нелинейного типа. Тросовые виброзащитные сиденья, отличаются рядом новых показателей. Существенно повышена эффективность и расширен частотный диапазон защиты; надёжно защищены внутренние органы человека; увеличен срок службы. К настоящему времени создано около пятидесяти конструкций тросовых сидений, учитывающих условия их эксплуатации и размещения. Показатели качества сидений: частотный диапазон с 1,9-2,5 Гц; защита органов, наиболее чувствительных к воздействию вибрации; эффективная высоко-частотная виброизоляция; защита от импульсных и ударных нагрузок; отсутствие жестких ограничителей за счет нелинейной характеристики.

Оценка состояния средств виброзащиты пассажиров автобусов дана в работе [4]. Большие автобусы перевозят от двух до 40 пассажиров. Для создания одинаковой частоты при различных нагрузках используют пневматические рессоры с обратной связью по перемещению. Частота среза в системе управления намного ниже частоты вынужденных колебаний. Это позволяет всегда поддерживать статическую просадку на уровне 200 мм, а собственную частоту 1,1 Гц.

Проведя анализ современных средств защиты оператора от вибрации можно сделать выводы:

– имеющиеся разработанные средства защиты оператора недостаточно эффективны в области низких частот;

– современные модели передачи общей вибрации являются недостаточными полными и не могут использоваться для синтеза высокоэффективных защитных устройств.

Подведя итог вышесказанному, наиболее перспективным методом защиты от вибрации может быть виброизолирующее устройство, согласованное по параметрам с защищаемым объектом в заданном диапазоне частот с учётом того, что основным отличием человека как защищаемого объекта является низкая собственная частота, которая находится в пределах 3,5–6,5 Гц. Данная задача исследования является неразрешимой в рамках упругой линейной системы, поскольку требования по жесткости противоречат требованиям по частоте.

Необходим новый научный подход к проблеме виброзащиты оператора основанный на комплексном исследовании совместного динамического поведения системы защиты и защищаемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Елисеев, С.В. Динамические гасители колебаний / С.В. Елисеев, Г.П. Нерубенко. -Новосибирск: Наука, 1982. -144 с.
- 2 Пахомова, Л.В. Проектирование механизмов виброзащитного кресла / Л.В. Пахомова // Сиб. научн. вестн. - Новосибирск, 2009. -Вып.ХII. -С. 138-141.
- 3 Пахомова, Л.В. Методика совершенствования системы виброзащиты на транспорте / Л.В. Пахомова // Судостроение. - 2009. -№1. -С. 23-24.
- 4 Пахомова, Л. В. Интегрированная система снижения вибрации: дис. ... канд. техн. наук / Пахомова Людмила Владимировна. -Новосибирск: НГАВТ, 2009. -131 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: защита оператора вибрирующих машин, виброзащитные сиденья, частота собственных колебаний, вибрационная болезнь

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Пахомова Людмила Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Щербакова Ольга Валерьевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

КОЛЕБАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРУЖИНЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.В. Щербакова

VIBRATION OF COMPOSITE SPRINGS
Siberian state university of water transport
O.V. Shcherbakova

The article describes a method of increasing internal friction due to the polymer coatings. Determined the absorption coefficient for the composite springs and determined the optimal coating thickness on the natural frequency.

Keywords: composite spring, polymer coating, absorption coefficient, natural frequency, internal friction, noise insulation

Рассмотрен метод повышения внутреннего трения за счёт полимерных покрытий. Определен коэффициент поглощения для композитных пружин и установлена оптимальная толщина покрытия по частоте собственных колебаний.

Современное судостроение использует достижения механики, технологии, материаловедения и других технических дисциплин для совершенствования конструкции судов. Одна из проблем судостроения заключается в создании эффективных систем подавления шума и вибрации на судах. Возникает потребность в практическом применении виброизолирующей подвески с повышенным шумовым поглощением в опорах главных двигателей.

Поскольку внутреннее трение в пружинных сталях невелико и не всегда может обеспечить необходимое затухание, необходимо искать методы увеличения этого трения. Одним из наиболее действенных способов является покрытие пружин материалами с повышенным

внутренним трением. К таким материалам относится ряд полимеров и отверждаемых смол.

Рассмотрев базовую задачу определения потерь в круглом бруске при скручивании, можно предположить, что трение в материале пропорционально скорости деформации. Решение уравнения динамики сводится к известным из теории колебаний задачам с пропорциональным трением. Как известно, основной характеристикой трения в материале является коэффициент поглощения [1-3]. Коэффициент поглощения для стержня равен [4]

$$\Psi = \frac{W}{U} = \frac{2\pi\mu\lambda}{G}, \quad (1)$$

где W – вязкие потери (работа сил трения), Дж;
 U – наибольшая упругая энергия, Дж;
 μ – вязкость материала, Па·с;
 λ – частота, Гц;
 G – модуль упругости при сдвиге, Па.

Из формулы следует, что вязкость и частота увеличивают коэффициент поглощения, а модуль упругости уменьшает.

Рассмотрим композитный стержень, например, с полимерным покрытием.

Поскольку полимеры существенно менее жёсткие и более вязкие, чем сталь или другой металл, необходимо рассмотреть влияние покрытия на относительный гистерезис [2]. Предположим, что сечения сдвигаются без искажения и модули упругости материалов различны.

Коэффициент поглощения для композитного стержня равен

$$\Psi = \frac{W}{U} = 2\pi\lambda \frac{\mu_1 J_{p1} + \mu_2 J_{p2}}{G_1 J_{p1} + G_2 J_{p2}}, \quad (2)$$

где J_{p1}, J_{p2} – полярные моменты инерции сечений, м⁴.

Если стержень состоит из n соосных материалов с различными свойствами, коэффициент поглощения определится формулой

$$\Psi = 2\pi\lambda \left(\frac{\sum_{i=1}^n \mu_i J_{pi}}{\sum_{i=1}^n G_i J_{pi}} \right). \quad (3)$$

Рассмотрим зависимость коэффициента поглощения от внешнего радиуса на фиксированном радиусе стального сердечника

$$\Psi(r_2) = 2\pi\lambda \frac{\mu_1 r_1^4 + \mu_2 (r_2^4 - r_1^4)}{G_1 r_1^4 + G_2 (r_2^4 - r_1^4)}. \quad (4)$$

Модуль упругости при сдвиге принят 2 ГПа для полимера и 80 ГПа для стали. Вязкость материалов принята 200 кПа·с для полимера и 10 кПа·с для стали. Отношение радиусов изменялось от единицы до трёх.

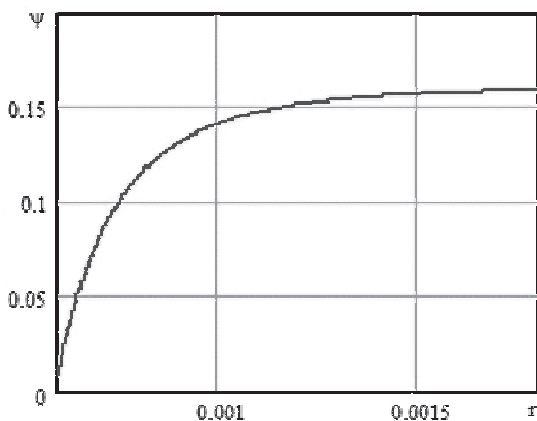


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента поглощения от внешнего радиуса для проволоки 0,0006 м

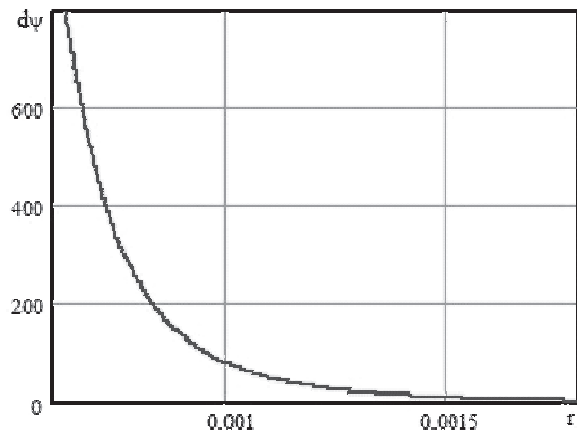


Рисунок 2 – Снижение эффективности с ростом радиуса

Характер полученной зависимости указывает на слабый прирост эффективности толстых покрытий (рисунок 1). Интенсивное увеличение коэффициента поглощения наблюдается только в тонких слоях. На рисунке 2 показана производная коэффициента поглощения по

внешнему радиусу покрытия.

Коэффициент поглощения экспоненциально приближается к значениям свойственным стержню из полимерного материала без стальной основы.

Увеличение коэффициента поглощения возможно для пружин с полимерным покрытием.

В теории виброизоляции стандартная схема работы подвески содержит безмассовый упругий элемент и поэтому требует уточнения. Проведённые ранее исследования [4] показали положительное влияние внутренних резонансов на защиту от шума, передаваемого от дизеля на судовой фундамент. Увеличение внутренней активности упругих элементов достигается совмещением частот судовой вибрации и внутренних частот виброизоляторов.

Как установлено выше, коэффициент поглощения формируется из потенциальной энергии деформации и работы вязкого трения в материале. Поскольку работа трения пропорциональна частоте колебаний, можно ожидать повышенного коэффициента поглощения на высоких частотах. Для безмассовой пружины коэффициент поглощения определится по той же формуле что и для проволоки покрытой полимером (2).

Собственная частота композитной пружины [4] будет зависеть от её среднего модуля сдвига и средней плотности.

$$\omega = \frac{d}{D^2 n} \sqrt{\frac{G_E}{2\rho_E}} \quad (5)$$

Собственная частота композитной пружины

$$\omega = \frac{d}{D^2 n} \sqrt{\frac{G_1 + G_2(\alpha^4 - 1)}{2[\rho_1 + \rho_2(\alpha^2 - 1)]}} \quad (6)$$

Модуль упругости при сдвиге ранее был принят 2 ГПа для полимера и 80 ГПа для стали. Плотность материалов принята 1200 кг/м³ для полимера и 7850 кг/м³ для стали. После подстановки численных значений параметров получим некоторую функцию отношения α

$$\omega = \frac{d}{D^2 n} \sqrt{\frac{G_1 + G_2(\alpha^4 - 1)}{2[\rho_1 + \rho_2(\alpha^2 - 1)]}} = \frac{f(\alpha)}{D \cdot i \cdot n} \quad (7)$$

Зависимость частоты от толщины покрытия (рисунок 3) имеет экстремум, при котором частота собственных колебаний пружины минимальна. Это явление полезно с точки зрения поглощения энергии структурной вибрации, поскольку низкие частоты накапливают и рассеивают существенно больше энергии.

Для принятых параметров оптимальная толщина покрытия, обеспечивающая наименьшую собственную частоту $\alpha = 1,7$. Для других параметров модуля сдвига и плотности характер зависимости сохраняется, но минимум смещается влево или вправо. Соответствующий коэффициент поглощения $\Psi = 0,14$ можно найти по рисунку 1 в зависимости от диаметра стальной проволоки 0,0006 м.

Исследование шумоизоляции проведенное в модельном диапазоне частот (20-130) рад/с, доказало, что использование стальных пружин, согласованных с частотным диапазоном позволяет эффективно подавлять структурный шум при обычном значении внутреннего трения в пружинной стали [4]. Для пружин с покрытием (рисунок 4), эффективность шумоизоляции существенно повышается.

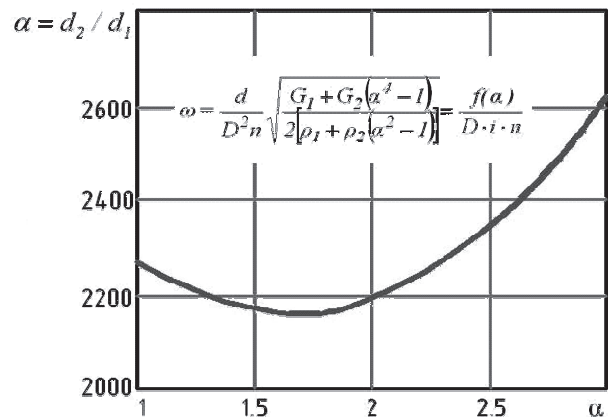


Рисунок 3 – Влияние толщины покрытия на собственную частоту

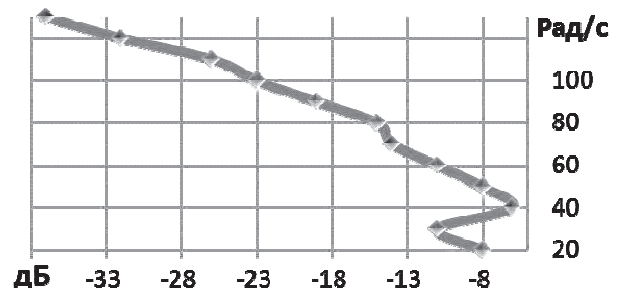


Рисунок 4 – Шумоизоляция для пружин с полимерным покрытием

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, А.М. Вязкое трение в опорах судовых двигателей / А.М. Барановский, О.В. Щербакова // Повышение эффективности судовой виброизоляции: сб. науч. тр. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -С. 17-23.
- 2 Писаренко, Г.С. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов / Г.С. Писаренко. -Киев: Наукова думка, 1971. -376 с.
- 3 Щербакова, О.В. Вязкие потери при кручении стержня / О.В. Щербакова, А.М. Барановский // Повышение эффективности судовой виброизоляции: сб. науч. тр. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -С. 32-37.
- 4 Щербакова, О.В. Виброизоляция структурного шума на судах: дис. ... канд. техн. наук / Щербакова Ольга Валерьевна. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2014. -150 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: композитная пружина, полимерное покрытие, коэффициент поглощения, собственная частота, внутреннее трение, шумоизоляция
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Щербакова Ольга Валерьевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

РАСЧЕТ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ДИЗЕЛЯ НА РЕЖИМАХ ПУСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «БАРЕЛЬЕФ»

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
 (национальный исследовательский университет)

В.Н. Бондарь

CALCULATION OF THE DIESEL ENGINE WORKING PROCESS ON START-UP MODE, USING «BASRELIEF» SOFTWARE
 South Ural state university (national research university)
 V.N. Bondar

The article presents the main results of the diesel engine working processes calculation on start-up mode, using «Basrelief» software, developed by JSC "NIID". Shown the possibility of using CFD-modeling techniques for detailed calculation of working processes in the combustion chamber at the start-up mode.

Keywords: diesel engine, cold start, mathematical model

Изложены основные результаты расчета рабочих процессов дизеля на режимах пуска с применением программного обеспечения «Барельеф», разработанного АО «НИИД». Показана возможность использования CFD-методов для детального моделирования рабочих процессов в камере сгорания на режимах пуска.

Расчет процессов пуска – один из наиболее сложных видов расчета дизелей. Необходимыми условиями пуска дизеля являются:

- температура сжатия рабочего тела в камере сгорания должна быть выше температуры самовоспламенения топлива;
- скорость теплоотвода из камеры сгорания (КС) должна быть ниже скорости тепловыделения химической реакции окисления топлива;
- суммарный крутящий момент на коленчатом валу двигателя должен быть больше, чем момент сопротивления прокручиванию.

Таким образом, моделирование пуска сводится к определению:

- индикаторных параметров рабочего тела (РТ) в КС;
- тепловых потерь через стенки КС;
- момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала двигателя.

При этом необходим учет особенностей пусковых режимов, для которых важное значение имеют:

- детальное моделирование процесса смесеобразования (испарения топлива в факеле, образования и испарения топливной пленки на стенках КС, с учетом температуры топлива, РТ и стенок КС);
- определение величины периода задержки воспламенения;
- оценка локальных параметров теплопередачи через стенки КС.

Существуют эмпирические зависимости определяющие возможность осуществления пуска дизеля, например, В.В. Шишковым [1] было получено уравнение для температуры, которая должна быть обеспечена в цилиндре дизеля типа В-2, чтобы произошел его пуск

$$\ln(T_{\text{соч}}) = \frac{1}{20,27} [139,1 - 3,01 \cdot \ln(T_T) + 1,908 \cdot \ln(n) - \ln(\tau)], \tag{1}$$

где T_T – температура топлива, К;

n – скорость прокручивания, мин⁻¹;

τ – продолжительность пуска, с.

Аналогичные зависимости могут быть получены для других двигателей, но они не являются универсальными. Одномерные и нульмерные математические модели процессов составляющих рабочий цикл (Мазинга-Гриневецкого, Гончара, Разлейцева, Niroyasu и др.) не учитывают особенности пусковых режимов. Наиболее детальным и точным методом моделирования рабочего процесса в настоящее время является моделирование с использованием технологий CFD (computational fluid dynamics), реализованных в программных продуктах фирм AVL, Ricardo, ANSYS, Adarco, а также в разработанном АО «НИИД» программном обеспечении (ПО) «Барельеф» [2].

С целью обоснования возможности применения ПО «Барельеф» для расчета рабочих процессов дизеля на режимах пуска, было выполнено математическое моделирование рабочего процесса дизеля типа ЧН13/15 на режимах пуска (частота вращения коленчатого вала – 200 мин⁻¹, температура окружающего воздуха – 0 °С и минус 40 °С). Результаты расчета сравнивались с ранее проведенными с применением ПО AVL Fire [3].

Как показали предварительные расчеты, модель воспламенения в объеме факела топлива не позволяет получить адекватные результаты из-за сложного характера процесса смесеобразования на пусковых режимах, существенно отличающихся от нормальных. Поэтому была применена модель многоточечного воспламенения.

Момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала на пусковых режимах должен определяться с учетом влияния температуры окружающей среды на вязкость смазочного масла. Из всех существующих математических моделей для этих целей наиболее подходит модель J. Shayler, D. Leong и M. Murphy (SLM) [4], согласно которой, суммарное давление механических потерь складывается из потерь в кривошипно-шатунном и газораспределительном механизмах, цилиндропоршневой группе, вспомогательных механизмах и топливном насосе высокого давления, соответственно

$$P_m = P_{мКШМ} + P_{мЦПГ} + P_{мГРМ} + P_{мвсп} + P_{мТНВД} \quad (2)$$

Механические потери в кривошипно-шатунном механизме

$$P_{мКШМ} = C_{cb} \left(\frac{N^{0.6} D_b^3 L_b n_b}{B^2 S n_c} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_{ref}} \right)^{0.4} + C_{cs} \left(\frac{D_b}{B^2 S n_c} \right), \quad (3)$$

где C_{cb} – коэффициент гидродинамических потерь в коренных подшипниках, Па/(мин⁻¹ м);

C_{cs} – коэффициент потерь на трение в коренных подшипниках, Па·м²;

μ – динамическая вязкость масла при данной температуре, Па·с;

μ_{ref} – динамическая вязкость масла при номинальной температуре, Па·с;

B – диаметр поршня, м;

S – ход поршня, м;

D_b – диаметр подшипника, м;

L_b – ширина подшипника, м;

n_b – число подшипников;

n_c – число цилиндров;

N – частота вращения, мин⁻¹.

Аналогично определяются другие составляющие механических потерь [4]. В ходе расчета последовательно моделировалось несколько рабочих циклов. На первом цикле температура стенок КС принималась равной температуре окружающей среды, для следующих циклов температура стенок КС принималась равной средней температуре РТ, полученной в ходе расчета предыдущего цикла. Пуск дизеля возможен, если среднее индикаторное давление РТ в КС превышает давление механических потерь или, другими словами, при условии $P_e > 0$. Такой подход не учитывает теплопередачу от деталей, образующих КС, в охлаждающую жидкость, поэтому расчетное число оборотов коленчатого вала, за которое произойдет пуск, будет меньше, чем для реального дизеля. Однако данный метод позволяет:

– определить возможность пуска в заданных условиях;

– выполнить детальный анализ процессов в КС в момент пуска;

– определить рациональные конструктивные параметры средств подготовки и облегчения пуска, оптимальные настройки топливной аппаратуры в момент пуска.

Анализ результатов расчета при температуре окружающего воздуха $T_0 = 0$ °С позволил

сформулировать ряд выводов, касающихся особенностей моделирования рабочего процесса дизеля на режимах пуска. На первом расчетном цикле (температура стенок КС T_{CT} равна температуре окружающей среды) количество испарившегося топлива очень мало (рисунок 1), воспламенения топлива не происходит (рисунок 2). На последующих циклах ($T_{CT} = 85-125\text{ }^{\circ}\text{C}$) топлива испаряется больше и часть его (70-80%) успевает воспламениться и сгореть, однако выделявшаяся при этом энергия существенно меньше, чем механические потери, поэтому пуск не происходит. На третьем цикле итерации при $T_{CT} = 175\text{ }^{\circ}\text{C}$ среднее эффективное давление РТ в КС превышает нуль и составляет 144 кПа, что позволяет говорить о том, что пуск дизеля состоялся.

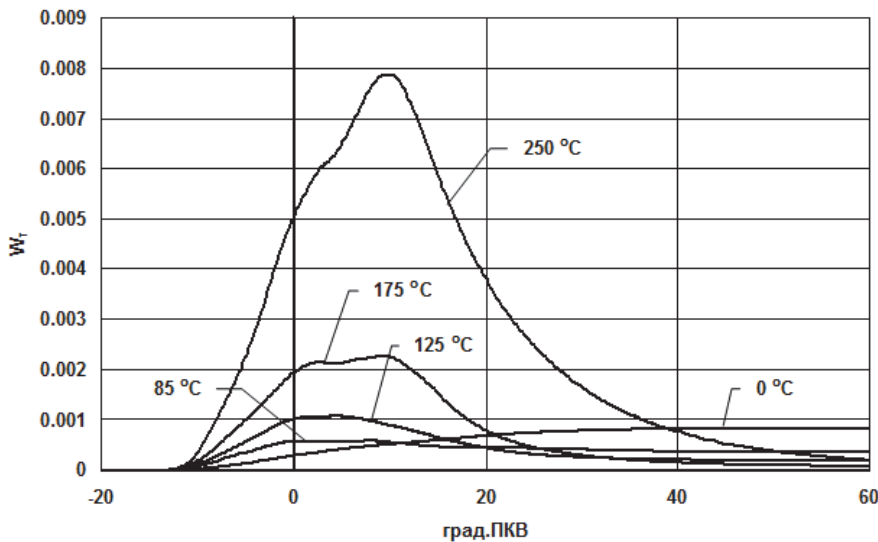


Рисунок 1 – Расчетные индикаторные диаграммы концентрации паров топлива в КС дизеля ЧН13/15 на режимах пуска при различной температуре стенок КС

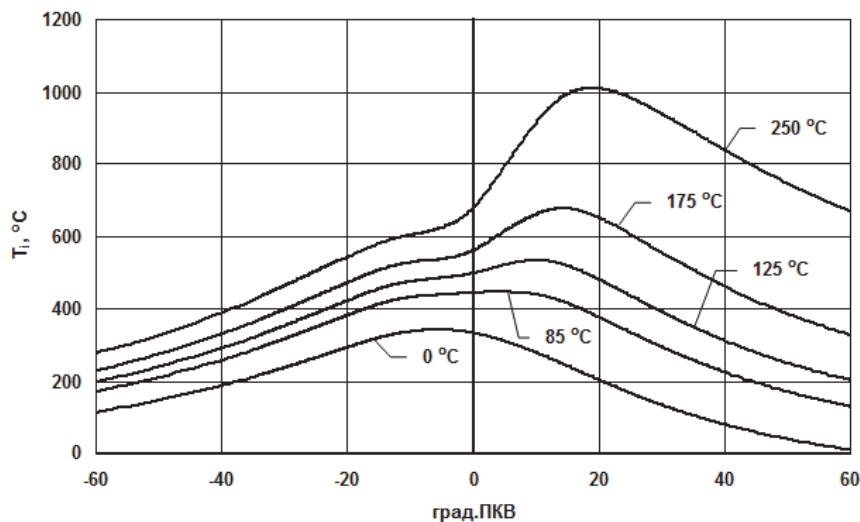


Рисунок 2 – Расчетные индикаторные диаграммы средней температуры рабочего тела в КС дизеля ЧН13/15 на режимах пуска при различной температуре стенок КС

Для последующих циклов наблюдается существенный рост температур РТ и сжатия, что отражено на рисунке 3. Анализ рисунка 3 показывает, что при первоначальном прокручивании двигателя ($T_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) температура сжатия асимптотически приближается к величине $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом пуск происходит при $T_c = 450-480\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует результатам экспериментальных исследований, например, В.А. Купершмидта [5]. При $T_0 = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура сжатия асимптотически приближается к величине $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 3), что явно недостаточно для пуска дизеля. Общее количество итераций не превысило семи, что является допустимым, даже с учетом трудоемкости реализации CFD-модели.

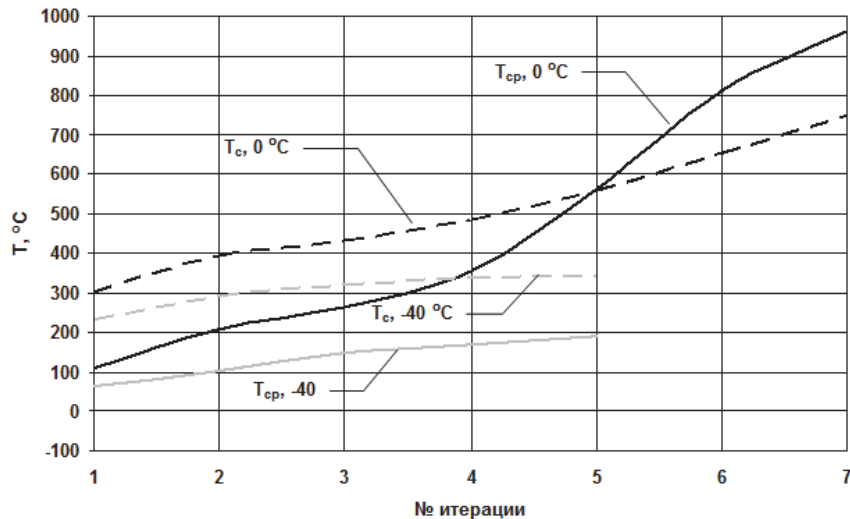


Рисунок 3 – Расчетное изменение температуры сжатия (T_c) и средней температуры рабочего тела (T_{cr}) на тактах сжатия и рабочего хода в КС дизеля ЧН13/15 на режимах пуска при различной температуре воздуха на впуске

Детальный анализ рабочего процесса показал, что испарение топлива оказывает существенное влияние на энергетический баланс РТ, в результате чего, максимум температуры сжатия находится перед верхней мертвой точкой (рисунок 1). Основной причиной невозможности пуска дизеля при низких температурах является то, что на стенки камеры сгорания, вследствие низкой испаряемости топлива попадает от 85% (при $T_{CT} = 175^\circ\text{C}$) до 98% (при $T_{CT} = 0^\circ\text{C}$) топлива, которое практически не участвует в реакции окисления и способствует увеличению теплотерь через стенки КС. Воспламенение топлива происходит в зоне стенок КС в объеме топлива «отразившегося» от стенок КС, что свидетельствует о существенном отличии рабочего процесса при пуске от «нормального» рабочего процесса.

Наименьшие потери тепла от РТ происходят через стенки гильзы цилиндра (до 90 Вт при $T_0 = 0^\circ\text{C}$ и $T_{CT} = 85^\circ\text{C}$), через огневое днище головки цилиндра теряется до 370 кВт, через поршень – 550 кВт. Поэтому, учитывая неравномерность температурного поля деталей, образующих КС, и его существенное влияние на испарение и воспламенение топлива, расчет процесса пуска дизеля желательно проводить в рамках решения сопряженной задачи CFD моделирования состояния РТ и теплового состояния деталей КС.

Результаты расчета с использованием ПО «Барельеф» практически полностью совпадают с данными, полученными с применением ПО AVL Fire [3]. Таким образом, программное обеспечение «Барельеф» [2], а также предлагаемый метод анализа пусковых качеств дизелей [3] позволяет:

- определять возможность пуска в заданных условиях;
- выполнять детальный анализ рабочих процессов в КС в момент пуска;
- определять рациональные конструктивные параметры средств подготовки и облегчения пуска, оптимальные настройки топливной аппаратуры в момент пуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шишков, В.В. Улучшение показателей рабочего цикла дизеля при пуске подогревом впускного заряда: дис.... канд. техн. наук: 05.04.02 / Шишков Виктор Владимирович. -Челябинск, 2000. -158 с.
- 2 Свидетельство о государственной регистрации №2013660914 от 25.11.2013. А.А. Малозёмов, Л.В. Грехов, Ф.Б. Барченко, А.А. Ярославцев, А.Ю. Ницкий. Программное обеспечение для расчета и оптимизации топливоподачи и рабочих процессов средне- и высокооборотных дизелей - «БАРЕЛЬЕФ». Правообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Минпромторг РФ №2013618580; заявл. 25.09.2013; опубл. 20.12.2013.
- 3 Малозёмов, А.А. Совершенствование методов математического моделирования пусковых режимов дизелей / А.А. Малозёмов, В.С. Кукис, М.Н. Лавров, Д.В. Романов, Д.А. Стецулин // Известия международной академии аграрного образования. - Вып. №16 (2013). -Т.4. -СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2013. -С. 156-161.
- 4 Shayler, J. Contributions to engine friction during cold, low-speed running and the dependence on oil viscosity / J. Shayler, D. Leong, M. Murphy // SAE Paper 2005-01-1654, 2005.E 2003, Fall Technical Conference.
- 5 Купершмидт, В.Л. Снижение температурного предела пуска дизелей А-41 и А-01М / В.Л. Купершмидт, В.А. Бульканов, С.М. Квайт // Тракторы и сельхозмашины. -1973. -№6. -С. 11-12.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизель, холодный пуск, математическая модель
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бондарь Владимир Николаевич, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ЮНГУ» (НИУ)
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 454080, г.Челябинск, пр.Ленина, 76, ФГБОУ ВПО «ЮНГУ» (НИУ)

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ СМАЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАЛОСЕРНИСТЫХ СУДОВЫХ ДИСТИЛЛЯТНЫХ ТОПЛИВ

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

А.В. Надежкин, К.Х. Лыу

ANALYSIS OF METHODS FOR IMPROVING THE LUBRICITY OF LOW SULFUR MARINE DISTILLATE FUELS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

A.V. Nadezhkin, Q.H. Luu

From January 1st 2015 all vessels in the SO_x Emission Control Areas (SECA) sulfur content of fuels should not exceed 0,1 % in weight. Performed analysis of published documents show that the reducing of sulfur content in diesel fuels worsens their lubricity, leads to increased wear rubbing pairs of diesel fuel equipments. There are several methods for regulating the anti-wear properties fuels to comply with the present requirements. In order to estimation the tribological characteristics of low sulfur marine distillate fuels by using four-ball machines of friction when adding vegetable and mineral oils. Then determine the effectiveness those additives on anti-wear properties of marine distillate fuels. After that establishing optimal ranges of concentrations of soy bean oil in the low sulfur marine distillate fuels.

Keywords: low-sulfur distillate fuel, tribological characteristics, 2-stroke oil, soy bean oil, additive, spot diameter wear, surface-active agent

Показано, что с 1 января 2015 года для всех судов при нахождении в районах контроля выброса окислов серы SECA, содержание серы в любом жидком топливе, используемом на судне должно, не превышает 0,1 % массы. Выполнены анализ литературных данных, в котором показано, что при снижении содержания серы в дизельных топливах ухудшается их смазывающая способность, что приводит к увеличению износа трущихся пар топливной аппаратуры дизелей. Рассмотрены способы регулирования противоизносных свойств топлив в соответствии с современными требованиями. Выполнена оценка триботехнических характеристик судовых малосернистых дистиллятных топлив с использованием четырехшариковой машины трения при добавлении в них растительного и минерального масла. Установлена эффективность действия этих добавок на противоизносные свойства судовых дистиллятных топлив. Определены оптимальные диапазоны концентраций соевого масла в низкосернистых судовых дистиллятных топливах.

С целью снижения вредных выбросов в атмосферу существенно ужесточены требования по содержанию серы в судовом топливе. По приложению VI к конвенции МАРПОЛ 73/78, с 01.01.2015 г. в зонах контроля за выбросами соединений серы для морских судов (SECA - SO_x Emission Control Areas) содержание серы в топливе должно быть снижено до 0,1% массы. И для остальных территориальных вод это значение будет 0,5% с 01.01.2020 г.

Однако в работах [1, 2] указано, что при снижении содержания серы в дизельных топливах ухудшается их смазывающая способность, что приводит к увеличению износа трущихся пар топливной аппаратуры дизелей. Кроме того удаление серы из топлива в процессе гидроочистки проводится в более жестких условиях. При этом также удаляются поверхностно-активные вещества, которые способствуют образованию смазывающих пленок на поверхности металла.

Существует ряд способов для регулирования противоизносных свойств топлив в соответствии с современными требованиями. Первый – это применение специальных противоизносных присадок. Другим является улучшение триботехнических характеристик топлив за счет добавления в дистиллятное топливо (ДТ) масла растительного происхождения (рапсовое, соевое, подсолнечное, и пальмовое и др.) или минерального масла в определенных соотношениях.

Противоизносная присадка к малосернистым ДТ. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), присутствующие в топливе оказывают значительное влияние на противоизносные свойства. Так, многие сернистые соединения, содержащиеся в ДТ – сульфиды и бензотиофены, характеризуются высокими противоизносными свойствами [3]. Однако при ограничении содержания серы в топливе ниже 0,1% требуется применение специальных присадок для обеспечения смазывающей способности.

Основой противоизносных присадок являются карбоновые кислоты. В качестве эффективных смазывающих присадок могут быть использованы технические алкилсалициловые кислоты (ТАСК) импортных присадок Dodilube-4940, Kerokorr LA99C, отечественной противоизносной присадки Миксент-2030, АДН или Lubrisol 539. Влияние противоизносной присадки на противоизносные свойства малосернистых ДТ с содержанием серы 350 и 500 ppm приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Влияние присадок на противоизносные свойства ДТ

Наименование образца	Концентрация присадки в ДТ, ppm	Диаметр пятна износа, мкм	
		350 ppm*	500 ppm*
ДТ	–	660	556
Противоизносная присадка на основе TACK	100	386	–
Dolilube 4940	150	384	–
Kerokor LA 99C	150	379	–
Мисент 2030	150	359	–
АДН	150	–	446
Lubrisol 539	200	–	434

*-содержание серы в ДТ

Механизм действия противоизносных присадок сводится к образованию модифицированного слоя металла, обеспечивающего равномерное распределение нагрузки и снижающего износ в результате химического взаимодействия ПАВ присадки с тонкими пленками оксидов на трущихся поверхностях [4].

Из таблицы 1 видно, что значение диаметра пятна износа (ДПИ) значительно уменьшается от 20 до 45% при использовании присадок с концентрацией 0,015-0,02% массы. Из представленных данных следует, что применение присадок для улучшения противоизносных свойства судовых ДТ оказывается очень эффективным. Однако это приводит к удорожанию стоимости топлива и трудно реализуемо в судовых условиях.

Добавление масла растительного происхождения в ДТ для улучшения его противоизносных свойств. Анализ литературных данных показывает, что для улучшения смазывающей способности ДТ рациональным является применение смеси минерально-растительного топлива, представляющего собой смесь ДТ с растительным маслом в определенной пропорции. В химическом составе растительного масла содержится значительное количество органических ПАВ, в частности, олеиновых кислот. Данное обстоятельство благоприятствует его использованию в качестве компонента смеси минерально-растительного топлива, предназначенного для улучшения режима трения прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры. ПАВ способствуют образованию на поверхности трения защитной пленки, значительно снижающей нагрузку на материал детали, что в результате приводит к уменьшению износа [5].

Исследования, выполненные для автотракторных дизелей с использованием рапсового масла, показали высокую эффективность применения топливных композиций с его использованием [5]. Однако в условиях Дальнего Востока эта культура слабо распространена, зато широко представлено другое растение – соя. В данной работе выполнено исследование влияния добавки соевого масла на противоизносные свойства малосернистых судовых ДТ. Исследования проводились на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1.

Методика испытаний подробно изложена в работе [2].

На рисунке 1 представлена зависимость изменения вязкости смеси растительно-минерального ДТ при различной концентрации растительного компонента. Исходная вязкость ДТ составляла 1,83 сСт при 20 °С и эта величина увеличилась примерно в 2 раза при добавлении 30% соевого масла в состав топливной композиции. При температуре 20 °С вязкость смеси топлива находится в интервале 2,0-4,5 сСт. При такой вязкости обеспечивается хорошая прокачиваемость топлива и достаточная смазывающая способность.

Компания MAN-Diesel рекомендует, чтобы вязкость низкосернистого топлива на входе в

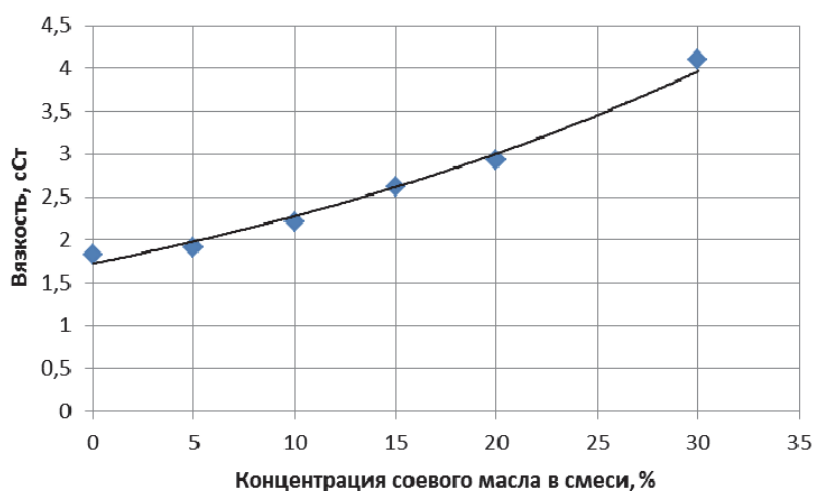


Рисунок 1 – Влияние концентрации соевого масла на вязкость ДТ

двигатель была не менее 2 сСт [6]. Если вязкость топлива будет ниже 2 сСт, то, как показывают её исследования, возникают серьёзные проблемы при работе прецизионных пар топливной аппаратуры – повышенный износ и задиры. Добавление соевого масла создает благоприятные условия для регулирования значения вязкости судовых ДТ и тем самым увеличивает показатели надежности работы топливной аппаратуры.

На рисунке 2 представлена зависимость величины ДПИ от концентрации соевого масла в смесевом минерально-растительном топливе. Как видно из графической зависимости, с увеличением концентрации в топливной композиции соевого масла средний диаметр пятна износа уменьшается на всем интервале варьирования и имеет обратно пропорциональную зависимость от количества соевого масла в составе минерально-растительного ДТ.

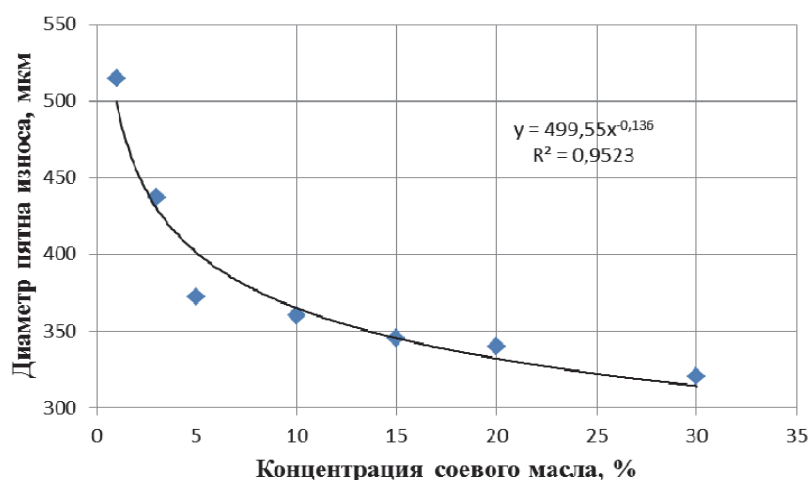


Рисунок 2 – Зависимость ДПИ от концентрации соевого масла в смеси

ДПИ существенно уменьшается, когда в смеси концентрация растительного масла составляет 3-5% массы. Повышение содержания соевого масла более 5% в топливной композиции незначительно улучшает противоизносные свойства судовых ДТ. Из-за положительного влияния соевого масла на смазывающую способность низкосернистых судовых ДТ, отмечаем, что появляется возможность использования его в качестве противоизносной присадки взамен импортных и отечественных присадок.

Из полученных данных видно, что для достижения требований стандарта по смазывающей способности на 1 т топлива можно использовать вместо 150 г (0,015 %) зарубежной противоизносной присадки 3-5 кг соевого масла.

Добавление минерального масла в ДТ. Другим возможным вариантом улучшения триботехнических свойств судовых ДТ является добавление масла для двухтактных бензиновых двигателей в малосернистые топлива. Этот вопрос рассматривается и активно обсуждается на многих интернет страницах [7, 8]. Как отмечается, при каждой заправке добавляют масло для двухтактных дизелей в малосернистые ДТ в соотношении 1:200. Двухтактное масло имеет моющие присадки, что идёт на пользу. В результате утверждается, что при добавлении двухтактного масла в ДТ улучшается его смазывающая способность. Однако исследование влияния этого компонента на смазывающую способность судовых ДТ еще не проводилось, также отсутствует официальная рекомендация производителей дизелей и нефтяных компаний.

Для оценки триботехнических свойств ДТ при добавлении масла для двухтактных дизелей проведены испытания на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1. Противоизносные свойства экспериментальных смесей оценивались по диаметру пятна износа шариков. Исследования проводили при различных соотношениях судовых ДТ и масла. Результаты этих испытаний приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2 – Влияние двухтактного масла на противоизносные свойства ДТ

№ образца	Вязкость, сСт	Содержание серы	Плотность, кг/м ³	Диаметр пятна износа, мкм		
				0*	1:200*	1:100*
1	1,14	0,021	771	573	571	574
2	1,18	0,017	739	683	–	680
3	1,93	0,112	806	592	587	–
4	1,92	0,247	808	683	701	–
5	3,39	0,286	834	496	490	–
6	2,82	0,185	833	580	603	–

*-содержание масла в ДТ

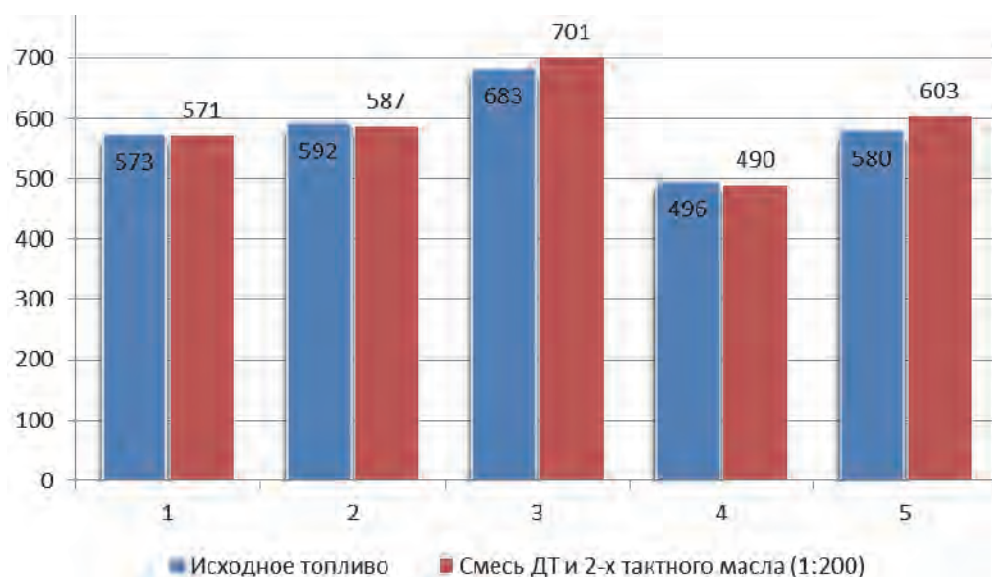


Рисунок 3 – Изменение значения ДПИ при добавлении двухтактного масла

Из представленных данных видно, что добавление масла для двухтактных дизелей в судовые ДТ при соотношениях 1:200 и 1:100 оказывает незначительное влияние на их противоизносные свойства. ДПИ существенно уменьшается только, когда концентрация масла для двухтактных дизелей в судовые ДТ составляет более 2% (1:50). Однако использование такого количества масла приводит к потере мощности дизелей, и повышает эксплуатационные расходы.

Исследовалось также добавление масла МС-20 (ГОСТ 21743-76) в судовые ДТ с концентрацией от 1-5%. МС-20 представляет собой масло селективной очистки без присадок, вырабатываемое из малосернистых парафиновой и беспарафиновой нефти. Результаты этого эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние масла МС-20 на противоизносные свойства ДТ

№ образца	Вязкость, сСт	Содержание серы	Плотность, кг/м ³	Диаметр пятна износа, мкм			
				0%*	1%*	3%*	5%*
1	5,62	0,054	838	533	530	525,5	505,3
2	1,83	0,049	795,5	522	524	530	489,3

*-содержание масла в ДТ

Полученные данные об эффективности добавки масла МС-20 в малосернистое судовое ДТ показали, что это масло не оказывает влияние на противоизносные свойства судовых ДТ в концентрации до 5%. Дальнейшее увеличение его доли в смесевом топливе нецелесообразно, из-за ухудшения, как качества сгорания, так и повышения стоимости топлива.

Выводы:

– Малосернистые судовые ДТ обладают неудовлетворительными смазочными свойствами. Присадки значительно улучшают противоизносные свойства малосернистых судовых ДТ. ДПИ существенно уменьшается при применении присадок с концентрацией 0,015-0,02% массы.

– Добавление растительного масла в малосернистое судовое ДТ улучшает его смазывающую способность. Выполненные исследования позволили установить оптимальную концентрацию соевого масла в ДТ. Она составляет 3-5% от общей массы и обеспечивает требуемую смазывающую способность топлива в трущихся парах топливной аппаратуры.

– Добавка минерального масла в концентрации до 5% оказывает незначительное влияние на противоизносные свойства малосернистых судовых ДТ. Эффективность его действия на триботехнические характеристики проявляется только при значительно большей концентрации в ДТ. Однако при этом ухудшается качество сгорания и возрастает стоимость топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Митусова, Т.Н. Исследование противоизносных свойств дизельных топлив / Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина // Нефтепереработка и нефтехимия: НТИС. -М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. -№2. -С. 20-22.

- 2 Надежкин, А.В. Разработка методики оценки влияния характеристик судовых дистиллятных топлив на их смазывающую способность / А.В. Надежкин, Хиеу Лыу Куанг // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015. -№2. -С. 148-152.
- 3 Тыщенко, В.А. Разработка противозносной присадки к малосернистым дизельным топливам на основе технических алкилсилициловых кислот / В.А. Тыщенко, С.В. Котов, Г.В. Тимофеева, Н.С. Котова, Л.А. Онучак, М.А. Родина // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. -2011. -№2. -С. 201-208.
- 4 Митусова, Т.Н. Современные дизельные топлива и присадки к ним / Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина. -М.: Техника. -2002. -64 с.
- 5 Бычени, А.П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применение смесового минерально-растительного топлива. –Пенза, 2007. -180 с.
- 6 Operation on low-sulfur fuel two-stroke engines. MAN B&W Diesel A/S. Copenhagen, Denmark. 2005. -P. 14.
- 7 Режим доступа: <http://www.forum.dizelist.ru/index.php?topic=7778.0>
- 8 Режим доступа: <http://www.oil-club.ru/forum/6770-dobavlenie-masel-dlja-2-h-taktnih-dvogatelei-v-diz/>

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: малосернистое дистиллятное топливо, триботехнические характеристики, 2-х тактное масло, соевое масло, присадка, диаметр пятна износа, поверхностно-активное вещество

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Надежкин Андрей Вениаминович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Лыу Куанг Хиеу, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ТЕПЛОНАСОСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СУДАХ ПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»

А.В. Волынцев

ENERGETICALLY EFFECTIVE USE OF HEATPUMP INSTALLATION IN COURTS OF FISHING FLEET
Far Eastern state technical fisheries university
A.V. Volyntsev

The results of the implementation of the heat pump system on the vessels of the fishing fleet. Conclusions about the of energy efficiency of using the heat pump system on board the fishing vessel.

Keywords: heatpump, alternative power engineering, vessel, auxiliary boiler, warmth utilization, ecology

Рассмотрены результаты создания теплонасосной установки для использования на судах промыслового флота. Сделаны выводы о энергоэффективности использования теплонасосной установки на промысловом судне.

С развитием технического прогресса растёт потребность в добыче и переработке природного топлива, что увеличивает затраты трудовых ресурсов и финансирования, а соответственно роста себестоимости топлива.

Рост себестоимости топлива отрицательно сказывается на стоимости всех видов изделий, услуг и перевозок. Ограниченность добычи топлива и опережающий рост потребления заставляет ученых, инженеров и коммерсантов искать альтернативные источники энергии.

Актуальность проблемы. Бесспорными источниками загрязнения являются суда, так как любое судно – это перемещаемый по водоёму комплекс: производство плюс населённый пункт. Тепловое загрязнение приводит к глобальной экологической проблеме – всемирному потеплению и подъёму уровня Мирового океана. Источниками серьёзного загрязнения окружающей среды, являются уходящие газы вспомогательных котлов (ВК). С ними выбрасывается в атмосферу около 200 компонентов вредных веществ, среди которых: диоксид азота NO_2 , диоксид углерода CO_2 , диоксид серы SO_2 , сернистый ангидрид SO_3 , зола, а также канцерогенные вещества элементов неполного сгорания топлива. Токсичные вещества, содержащиеся в дымовых газах ВК, отрицательно влияют на биосферу и человека, вызывая такие хронические заболевания как атеросклероз, коронарные и дегеративные заболевания сердца, хронический бронхит, бронхиальная астма и т.д.

Отказ от использования вспомогательных котлов на определенных режимах эксплуатации промыслового судна позволит сэкономить существенное количество финансовых средств, посредством экономии топлива для данной установки, необходимое при использовании этой установки [1].

Для решения этой задачи предлагается использовать теплонасосные установки (ТНУ). Использование теплонасосных установок позволяет применять их для снабжения судна горячей водой и теплом.

Тепловой насос позволит утилизировать сбрасываемую теплоту, уменьшив тем самым тепловое загрязнение окружающей среды.

При использовании теплового насоса, возможен отказ от работы вспомогательной котельной установки (ВК) на ходовом и, возможно, стояночном режимах судна, а, следовательно, есть возможность понизить загрязнение окружающей среды токсичными компонентами уходящих дымовых газов, и сэкономить не возобновляемые источники энергии (котельное топливо) [2].

Технический результат: снижение затрат на отопление помещений судна высокопотенциальным основным источником тепла за счет использования дополнительно низкопотенциального источника тепла. Цель – спроектировать теплонасосную установку соответствующую требованиям Российского Морского Регистра Судоходства, обладающую минимальной стоимостью за счет использования наиболее распространенного на автотранспорте холодильного оборудования, которое обладает наименьшей стоимостью, большой надежностью, за счет большого объема выпуска и большой номенклатуры автомобильного оборудования с заводов изготовителей.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- адаптировать данную теплонасосную установку к работе на промысловых судах;
- выбрать подходящую конструкцию теплового насоса для судна;
- выбрать необходимый хладагент для наиболее эффективной работы теплового насоса;
- использовать установку с максимальным сроком службы без капитального ремонта;
- обеспечить производство холода, тепла, горячего и холодного водоснабжения с помощью теплонасосной установки.

Материал и методика. Материалом служила концепция теплового насоса, которая была впервые разработана британским инженером-физиком Уильямом Томсоном еще в конце девятнадцатого века. В дальнейшем эту концепцию детализировал и усовершенствовал инженер из Австрии Петер Риттер фон Риттингер, которого принято считать создателем теплового насоса. Ведь именно этот австрийский инженер в 1855 году спроектировал самый первый тепловой насос.

Эффективность ТНУ. В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом трансформации (или коэффициентом преобразования теплоты) и служит показателем эффективности теплового насоса. Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше разность, тем меньше эта величина.

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле

$$K_{tr} = \frac{T_{out}}{T_{out} - T_{in}},$$

где K_{tr} – коэффициент трансформации теплового насоса, или теплонасосной системы теплоснабжения (ТСТ);

T_{out} – температурный потенциал тепла, отводимого в систему отопления или теплоснабжения;

T_{in} – температурный потенциал источника.

Коэффициент преобразования теплового насоса (отношение теплопроизводительности к электропотреблению) зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов в настоящее время может варьироваться от 35 °С до 90 °С. Экономия энергетических ресурсов достигает 70% [4].

Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора).

Устройство и принцип работы ТНУ. Тепловой насос включает в себя замкнутый контур, состоящий из испарителя 1, теплообменника 2, компрессора 3, конденсатора 4 и дросселя 5 (рисунок 1). Первая полость теплообменника 2 на входе соединена линией 9 с выходом испарителя, а на выходе - линией всасывания 10 с компрессором, а вторая полость на входе соединена через трехходовой регулирующий вентиль 6 с контуром между конденсатором 4 и дросселем 5, а на выходе - с контуром между трехходовым регулирующим вентилем 6 и дросселем 5. Линия 12 соединяет трехходовой регулирующий вентиль 6 и дроссель 5.

5, а линия 11 - трехходовой регулирующий вентиль 6 и конденсатор 4. На линии 10 установлен датчик температуры 7, соединенный через контроллер 8 с трехходовым регулирующим вентилем 6.

Тепловой насос работает следующим образом. Рабочее тело сжимается в компрессоре 3, конденсируется в конденсаторе 4, отдавая тепло потребителю, расширяется в дросселе 5, испаряется в испарителе 1, нагреваясь от низкопотенциального источника тепла (окружающей среды), и через теплообменник 2 поступает в компрессор 3. При низкой температуре окружающей среды, когда необходимо повышение перегрева рабочего тела, подаваемого на линию всасывания 10, управляющий сигнал на датчике температуры 7 будет максимальной величины, что приведет к закрытию трехходового регулирующего вентиля 6 и, тем самым, к обеспечению прохода всего рабочего тела через теплообменник 2.

В этом случае, за счет передачи части тепла от рабочего тела после конденсатора, происходит повышение температуры рабочего тела на линии всасывания 10, что позволит компрессору работать в оптимальном тепловом режиме. Это приводит к увеличению коэффициента преобразования системы в целом.

При высокой температуре окружающей среды, когда нет необходимости в повышении перегрева рабочего тела, подаваемого на линию всасывания 10, управляющий сигнал на датчике температуры 7 будет минимальной величины, что приведет к закрытию трехходового регулирующего вентиля 6 и, тем самым, к прекращению передачи тепла в теплообменнике 2. В этом случае температура рабочего тела после испарителя не изменит свою величину и останется оптимальной для работы компрессора.

В интервале между крайними точками рабочего интервала температуры окружающей среды регулирующий вентиль 6 регулирует расход рабочего тела через вторую полость теплообменника 2 пропорционально изменению температуры окружающей среды, что в итоге регулирует перегрев рабочего тела в теплообменнике 2, делая эту температуру оптимальной в каждый конкретный момент времени [3].

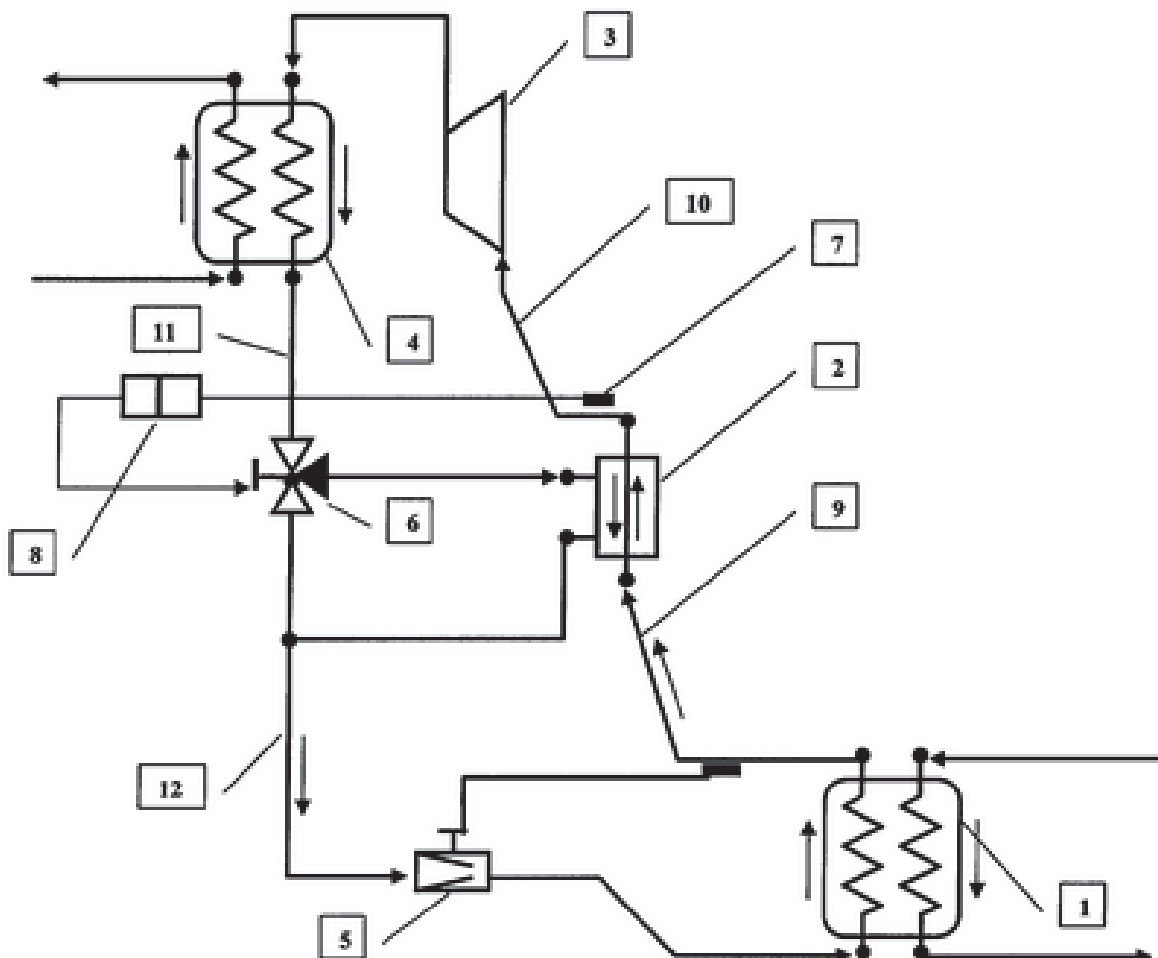


Рисунок 1 – Принцип работы ТНУ

Для обеспечения эффективной работы требуется рабочая жидкость для тепловых насосов. Эту жидкость еще называют: хладагентами, фреонами, хладагентами. Эти рабочие жидкости обеспечат стабильную работу и высокую эффективность теплового насоса с заданными параметрами. Краткая характеристика рекомендуемых хладагентов приведена в таблице.

Таблица – Краткая характеристика рекомендуемых хладагентов

Хладагент	Формула	Нормальная температура кипения, °С	Критическая температура, °С	Критическое давление, МПа
R21	CHCl ₂ F	9	179	5,17
R21B1	CHClFBr	43	234	5,35
R21B2	CHFBr	65	270	5,49
R30	CH ₂ Cl ₂	40	237	6,17
R30B1	CH ₂ ClBr	68	282	6,32
R31B1	CH ₂ FBr	17	195	6,11
R40B1	CH ₃ Br	4	189	6,57
R123	C ₂ HCl ₂ F ₃	28	184	3,67
R160	C ₂ H ₅ Cl	12	187	5,39
R160B1	C ₂ H ₅ Br	38	231	6,15
R280	C ₃ H ₇ Cl	46	230	4,52

Научное исследование. Проведена работа по расчетам, проектированию и сборки установки. Этапы проектирования:

- выбор установки;
- расчет установки;
- подбор мощности электродвигателя;
- выбор хладагента для установки;
- расположение оборудования.

Основной проблемой проектирования было правильное расположение оборудования относительно друг друга. Так как патрубки были изготовлены заранее под конструкцию автомобиля, оборудование пришлось располагать относительно этих труб, как показано на рисунке 2.

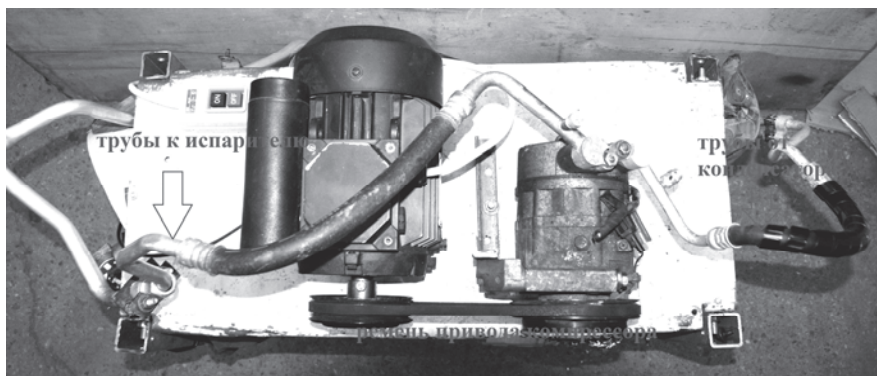


Рисунок 2 – Вид THU сверху

Применение теплонасосной установки на судах оправдывает использование

теплового эффекта, как первичного агента для нагрева помещения, воды, рабочих и технических жидкостей (мазут, дизельное топливо, масла и т.д.), так и вторичное, как холодильного агента для охлаждения рабочих, производственных и бытовых помещений личного состава, а также для охлаждения продуктов питания, для отвода тепла от рабочих жидкостей двигателя внутреннего сгорания. Благодаря образуемому конденсату возможно получение дистиллированной воды.

В итоге по результатам исследований, проведенных в рамках экспериментальной работы, можно сделать принципиальный вывод о том, что внедрение теплонасосных систем теплохолодоснабжения является весьма эффективным инструментом политики энергосбережения для судов морского флота, позволяющим не только обеспечить экономию энергоресурсов у потребителя, но и существенным образом снизить нагрузку на централизованную систему энергосбережения судна, а также сократить выбросы в окружающую атмосферу продуктов сгорания традиционного органического топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Селиверстов, В.М. Утилизация тепла в судовых дизельных установках / В.М. Селиверстов. -Л.: Судостроение, 1973. - 256 с.
- 2 Соболенко, А.Н. Судовые энергетические установки: дипломное проектирование / А.Н. Соболенко, Р.Р. Симашов. -М.: Моркнига, 2015. -Ч.2. -426 с.

3 Пат. RU2285872 Российская Федерация, F25B30/02. Тепловой насос – компрессионного типа / И.В. Москаленко, А.М. Костин; заявитель и патентообладатель Москаленко И.В., Костин А.М. заявл. 30.03.05; опубл. 20.10.06; -7 с.

4 Васильев, Г.П. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Г.П. Васильев, Л.В. Хрустачев, А.Г. Розин, И.М. Абуев // Правительство Москвы Москомархитектура. -М.: ГУП «НИАЦ», 2001. -202 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *теплонасосная установка, альтернативная энергетика, судно, вспомогательный котел, утилизация теплоты, экология*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: *Волынцев Александр Владиславович, аспирант ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690087, г.Владивосток, ул.Луговая, 52Б, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»*

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ГРУБОДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СУДОВЫХ РАБОТАЮЩИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

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

А.В. Надежкин, И.В. Соколова, М.Е. Старченко

ANALYSIS OF APPLICABILITY OF THE STATISTICAL DISTRIBUTIONS FOR DESCRIPTIONS OF COARSE PHASE CONTAMINATED OF USED MOTOR OILS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

A.V. Nadezhkin, I.V. Sokolova, M.E. Starchenko

In this paper we proved that the use of commonly used statistical laws Weibull-Gnedenko and lognormal for describe the coarse phase of impurity from used oil gives a big error between the calculated and experimental data. We showed that the special simulation mathematical model to describe the distribution of particles insoluble in petrol products operating motor oil impurity in size, which will take into account the different level of pollution and the quality of the engine oil is need to be develop.

Keywords: engine oil, distribution of particle contamination in size, distribution function, coarse phase contamination

Показано что применение традиционно используемых статистических законов распределения Вейбулла-Гнеденко и логнормального для описания грубодисперсной фазы загрязнения судовых работающих масел дает большую погрешность между расчетными и экспериментальными данными. Указано на необходимость разработки специальной имитационной математической модели для описания распределения частиц нерастворимых в бензине продуктов загрязнения работающего моторного масла по размерам, которая будет учитывать различный уровень загрязненности и качество моторного масла.

Одну из главенствующих позиций в исследовании надежности работы судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) занимает математическое моделирование. На основании его результатов можно разработать научно обоснованные рекомендации для обеспечения ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей.

В разработанных на данный момент имитационных математических моделях изнашивания вкладышей подшипников и шеек коленчатого вала большую роль играют функции распределения частиц загрязнения работающего моторного масла (РММ) по размерам. Традиционно они описываются с помощью статистических законов распределения случайных величин Вейбулла-Гнеденко или Логнормального (ЛНР) [1, 2]. Ими осуществляется аппроксимация полученных экспериментальных данных количества частиц загрязнения по размерным группам в РММ.

Функция распределения Вейбулла-Гнеденко

$$f(d) = \frac{c}{d} \left(\frac{d}{b}\right)^{(c-1)} \exp\left[-\left(\frac{d}{b}\right)^c\right], \quad (1)$$

где c, b – параметры распределения;

d – размер частицы загрязнения.

Функция распределения ЛНР

$$f(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma d} \exp\left[-\frac{(-\mu + \ln d)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (2)$$

где σ, μ – параметры распределения.

Одним из наиболее важных элементов СДВС являются подшипники скольжения. Их работа характеризуется различными видами износа. Преобладающим видом износа для дан-

ного узла трения является абразивный [3]. Согласно данным работы [4] в зависимости от модели двигателя и степени изношенности его подшипниковых узлов абразивоопасными будут являться частицы загрязнения, размер которых превышает 2-8 мкм. Это так называемая грубодисперсная фаза загрязнения (ГДФ) РММ.

Целью данной работы является проверка адекватности аппроксимации экспериментального распределения частиц загрязнения РММ по размерам в области ГДФ, функциями ЛНР и Вейбулла-Гнеденко.

Для исследования использовали пробу РММ главного двигателя (ГД) т/х «Confident». Результаты лабораторного анализа пробы данного РММ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели РММ т/х «Confident»

Параметры	Методика испытания	Значение
Время работы масла, ч	–	500
Плотность при 20 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900-85	917,7
Вязкость при 100 °С, сСт	ГОСТ 33-2000	16,71
Температура вспышки, °С	ГОСТ 4333-87	>220
Щелочное число, мг КОН/г	ГОСТ 11362-96	20,98
Содержание воды, %	ГОСТ 2477-65	следы
Фотометрический коэффициент загрязнения	ОСТ 24090-06	1227,65
Фотометрический коэффициент дисперсности загрязнения	ОСТ 24090-06	1,66
Нерастворимые в бензине продукты загрязнения, %	ГОСТ 20684-75	2,211

Как следует из представленных, данных РММ имеет высокий уровень загрязненности, близкий к браковочному значению (2,5%) и низкое значение фотометрического коэффициента дисперсности загрязнения, что свидетельствует о высоком уровне концентрации ГДФ в РММ.

Данные результаты лабораторного анализа РММ явились основополагающей причиной выбора этого образца для проведения экспериментальных исследований, так как он обладает высоким уровнем репрезентативности в области частиц загрязнения ГДФ.

Исследование дисперсности продуктов загрязнения данного РММ выполнялось методами оптической микроскопии. Традиционно для получения экспериментальной функции распределения частиц загрязнения по размерам используется методика, описанная в работе [5]. Ее суть заключается в том, что небольшой объем РММ (около 5 мкл) переносится на предметное стекло, с помощью приспособления, не вносящего никаких изменений в распределение и количество исследуемых частиц. Предметное стекло накрывается покровным и исследуется под микроскопом в проходящем свете. С помощью фотоаппарата, соединенного с тринокулярной насадкой микроскопа, производится фотографирование полей зрения. Далее, посредством специализированного программного обеспечения на каждом снимке определяется количество частиц загрязнения и их размер.

Аппроксимацию полученных экспериментальных данных распределения частиц загрязнения в РММ проводили с помощью функции распределения Вейбулла-Гнеденко или ЛНР. Ниже приведены результаты расчета коэффициентов данных распределений, полученные с помощью программного комплекса Statistica (рисунок 1 и 2) [6].

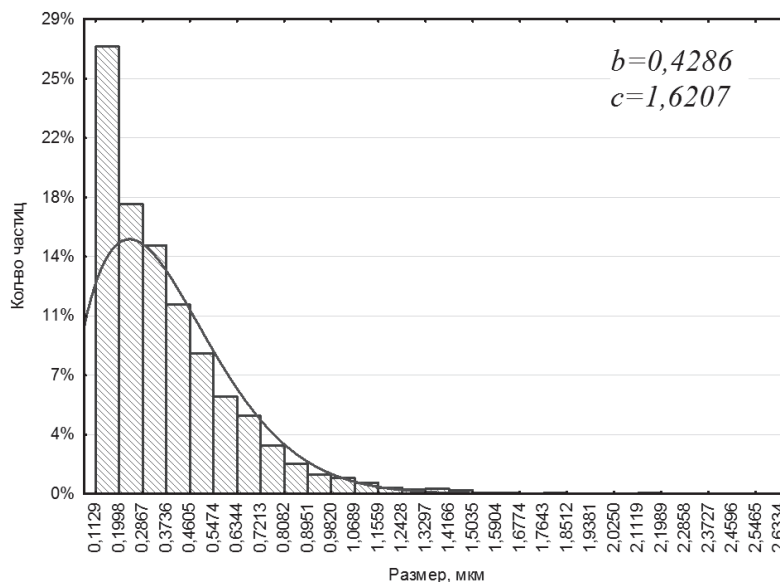


Рисунок 1 – Аппроксимация экспериментального распределения частиц загрязнения РММ с помощью функции Вейбулла-Гнеденко

Полученное таким образом экспериментальное количество частиц ГДФ для разных размерных диапазонов не привязано к конкретному объему РММ, а описывает относительное распределение частиц загрязнения РММ во всем размерном диапазоне. Для перехода к расчету количества частиц загрязнения в определенном объеме РММ, в данной работе, предложен способ расчета, полученный при допущении, что частицы загрязнения имеют сферическую форму и средняя плотность частиц загрязнения равна 1300 кг/м³ [1].

Содержание нерастворимых в бензине продуктов загрязнения (НРБ) x определяется по ГОСТ 20684-75 и представляет собой отношение

$$x = \frac{M_3}{M_{РММ}}, \quad (3)$$

где M_3 – масса загрязнений в объеме V_i РММ;

$M_{РММ}$ – масса в объеме V_i РММ.

В свою очередь

$$M_{РММ} = V_i \rho_M, \quad (4)$$

где ρ_M – плотность масла.

Объем i частицы загрязнения с учетом изложенного допущения рассчитывается по формуле

$$V_{ci} = \frac{\pi d_i^3}{6}, \quad (5)$$

где d_i – диаметр i -ой частицы загрязнения.

Тогда масса частиц загрязнения i -ого размера будет равна

$$m_{ci} = V_{ci} \rho_3, \quad (6)$$

где ρ_3 – плотность частиц загрязнения.

С другой стороны масса частиц загрязнения M_3 в объеме V_i РММ может быть определена, как

$$M_3 = \int_0^\infty \frac{\pi d_i^3}{6} \rho_3 N_4^\Sigma f(d) dd = \frac{\pi}{6} \rho_3 N_4^\Sigma \int_0^\infty d^3 f(d) dd, \quad (7)$$

где N_4^Σ – общее количество частиц содержащихся в объеме V_i РММ;

$f(d) dd$ – функция распределения частиц загрязнения по размерам.

Согласно (3)

$$M_3 = x M_{РММ}. \quad (8)$$

Подставляем (4) и (7) в (8) получаем

$$\frac{\pi}{6} \rho_3 N_4^\Sigma \int_0^\infty d^3 f(d) dd = x V_i \rho_M. \quad (9)$$

Отсюда выражение для расчета общего количества частиц загрязнения в заданном объеме РММ принимает вид

$$N_4^\Sigma = \frac{x V_i \rho_M}{\frac{\pi}{6} \rho_3 \int_0^\infty d^3 f(d) dd}. \quad (10)$$

По выражению (10) нами было рассчитано общее количество частиц загрязнения в 1 мл

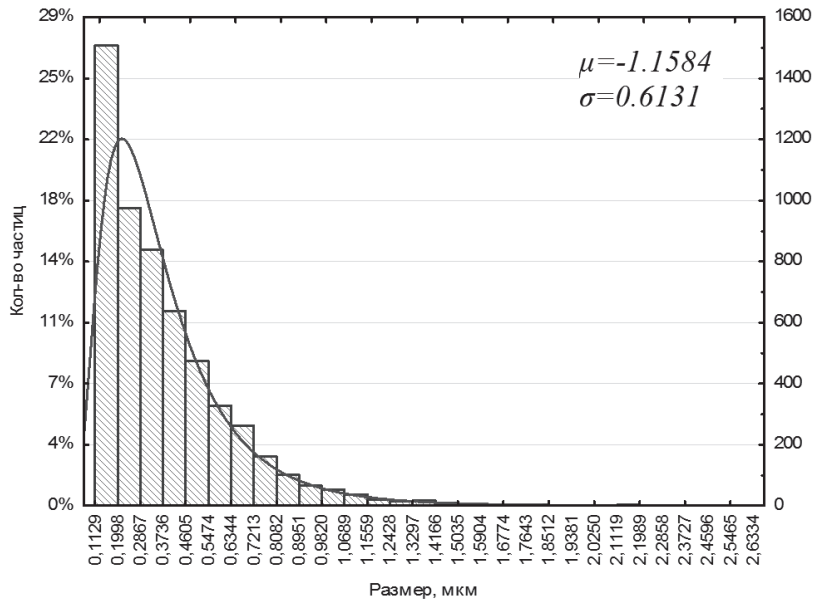


Рисунок 2 – Аппроксимация экспериментального распределения частиц загрязнения РММ с помощью функции ЛНР

РММ для т/х «Confident». Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общее количество частиц загрязнения в 1 мл РММ

Функция распределения	Вейбулла-Гнеденко	ЛНР
Общее количество частиц загрязнения в 1 мл	$2,1549 \cdot 10^{11}$	$1,7681 \cdot 10^{11}$

Для оценки адекватности описания распределения частиц ГДФ по размерам в РММ анализируемыми функциями распределения необходимо выполнить сравнение расчетных данных с экспериментальными. Изложенная выше методика определения дисперсности продуктов загрязнения РММ дает большую погрешность в области ГДФ. Это обусловлено тем, что анализируемая навеска масла мала и содержит в себе не большое количество ГДФ, в результате чего выборка является нерепрезентативной. В соответствии с ГОСТ ИСО 4407:2006 для получения достоверных результатов количества частиц, в каждом размерном диапазоне должно быть не менее 100 штук, в то время как в данном случае, общее число частиц размером более 2 мкм не превышало 11 штук.

Для повышения уровня достоверности и воспроизводимости результатов экспериментов по определению количества частиц ГДФ по размерам в РММ была разработана специальная методика, основанная на ГОСТ ИСО 4407:2006. Она подробно описана в работе [4]. Ее суть заключается в том, что навеска РММ растворяется в определенном объеме нефтяного растворителя и фильтруется через мембранный фильтр с размером пор менее 1 мкм. Отфильтрованные таким образом частицы загрязнения оседают на фильтре. Фильтр исследуется под микроскопом в проходящем свете. С помощью фотоаппарата, соединенного с тринокулярной насадкой микроскопа, производится фотографирование областей фильтра с имеющимися на них частицами загрязнения. Далее с помощью специализированной программы производится расчет размеров частиц в определенном объеме РММ.

Таблица 3 – Количество частиц ГДФ в 1 мкл

Диапазон размеров	Вейбулла-Гнеденко	ЛНР	Эксперимент
3–5 мкм	14	19952622	1187738
5–7 мкм	0	524667	217869
7–10 мкм	0	34968	87460
10–15 мкм	0	1434	35140
15–30 мкм	0	25	9370
от 30 мкм	0	0	1561

Результаты расчета количества частиц ГДФ с помощью функций Вейбулла-Гнеденко, ЛНР и экспериментальные данные приведены в таблице 3.

Как видно из представленных результатов количество частиц ГДФ полученное расчетным путем с использованием распределений Вейбулла-Гнеденко, ЛНР и экспериментальными данными значительно отличаются не только друг от друга, но и даже между собой. Это может служить доказательством того, что использование распределения Вейбулла-Гнеденко и ЛНР для аппроксимации экспериментальных данных в области частиц ГДФ дает недостоверные результаты. Поэтому их применение в таком виде для целей имитационного моделирования процессов изнашивания деталей СДВС дает значительные погрешности.

При этом следует отметить, что данные распределения в целом адекватно описывают дисперсность продуктов загрязнения РММ судовых дизелей. Так значение критерия Колмогорова-Смирнова для распределения ЛНР при аппроксимации экспериментальных данных количества частиц загрязнения по размерам для РММ ГД т/х «Confident» составило 0,12, что значительно меньше табличного значения 1,358. Это свидетельствует об удовлетворительной сходимости расчетных и экспериментальных данных.

Высокий уровень адекватности аппроксимации обусловлен тем, что основная масса частиц загрязнения располагается в размерном диапазоне от 0 до 1 мкм, поэтому она удовлетворительно описывает распределение этих частиц загрязнения, в то время как в «хвостовых» частях наблюдается значительный разброс расчетных и экспериментальных данных.

Выводы:

– В работе представлена методика расчета общего количества частиц загрязнения РММ в заданной единице объема, основанная на лабораторных анализах определения концентрации НРБ продуктов загрязнений и экспериментальной функции распределения частиц загрязнения по размерам.

– Установлено, что аппроксимация экспериментальных данных количества частиц загрязнения РММ по размерам в области ГДФ, статистическими законами распределения слу-

чайной величины ЛНР и Вейбулла-Гнеденко, приводит к получению результатов с низким уровнем достоверности.

– На основании проведенных исследований доказано, что для целей имитационного моделирования необходимо разработать экспериментальную модель, описывающую распределений частиц НРБ продуктов загрязнения по размерам в РММ судовых дизелей, которое будет учитывать различный уровень загрязненности и качество РММ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Б.Н. Перминов. - Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.
- 2 Захаров, С.М. Подшипники коленчатых валов тепловозных дизелей / С.М. Захаров, А.П. Никитин, Ю.А. Загорянский. - М.: Транспорт, 1981. -184 с.
- 3 Надежкин, А.В. Моделирование влияния степени изношенности подшипников скольжения судовых дизелей на режим трения и виды изнашивания / А.В. Надежкин, М.Е. Старченко // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 120-124.
- 4 Старченко, М.Е. Имитационное моделирование смазочного процесса подшипников коленчатого вала судовых дизелей в эксплуатации / М.Е. Старченко // Молодежь-Наука-Инновации: матер. 62 межд. науч.-практ. конф. 19 ноября 2014 г. - Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2014. -С. 78-82.
- 5 Соколова, И.В. Анализ дисперсности продуктов загрязнения работающего моторного масла при доливках в систему смазки судового дизеля / И.В. Соколова // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2008. -№1. -С. 215-218.
- 6 Statistica URL. Режим доступа: <http://www.statsoft.com>. -01.10.2015.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *моторное масло, распределение частиц загрязнения по размерам, функции распределения, грубодисперсная фаза загрязнения*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Надежкин Андрей Вениаминович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
Соколова Ирина Васильевна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Старченко Михаил Евгеньевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ В СУДОВЫХ ТРОНКОВЫХ ДИЗЕЛЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА

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

Н.Н. Таращан, Г.П. Кича

RESULTS OF SERVICE TESTS IN SHIP TRUNK-PISTON DIESEL ENGINES OF THE COMBINED FINE FILTER OF ENGINE OIL

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
N.N. Tarashcan, G.P. Kicha

Comparison in operational conditions on courts of efficiency combined and full flow a thin water purification of engine oil in the forced injection engines is conducted at usage diesel and высоковязкого heavy fuel. It is revealed at combined in comparison with full flow filtration increase in intensity of a water purification of oil from insoluble products in 5-8 times that reduces chafing, carbonization and laking details of propellers on 30-65 %. It is installed that the additional deep water purification of oil from fine insoluble phase on bypass to the circuit design partially flow filter elements promotes a retardation of its crystal ageing and calls life time increase full flow elements in 1,7-2,2 times.

Keywords: cleaning oil, combined filtration, efficiency of a lubricating oil filter, motor tests of the oil filter, diesel engine wear and carbon formation

Проведено сравнение в эксплуатационных условиях на судах эффективности комбинированной и полнопоточной гонкой очистки моторного масла в форсированных дизелях при использовании дизельного и высоковязкого тяжелого топлив. Выявлено при комбинированном по сравнению с полнопоточным фильтрованием увеличение интенсивности очистки масла от нерастворимых продуктов в 5-8 раз, что снижает изнашивание, нагаро- и лакообразование деталей двигателей на 30-65%. Установлено, что дополнительная глубокая очистка масла от мелкодисперсной нерастворимой фазы по байпасной схеме частичнопоточными фильтрующими элементами способствует торможению его старения и вызывает увеличение срока службы полнопоточных элементов в 1,7-2,2 раза.

Комбинированная очистка моторного масла (ММ) в судовых дизелях сочетанием полно- и частичнопоточного фильтрования показала высокую эффективность при стендовых (лабораторных) испытаниях [1, 2]. Она сочетает в себе достоинства обеих схем очистки, обеспечивая полнопоточным фильтрованием надежную защиту пар трения (подшипников коленчатого вала) двигателя от попадания в трибосопряжения крупных абразивных частиц механи-

ческих примесей с размерами, превышающими 15 мкм. Частичнопоточное фильтрование, функционируя в благоприятных гидродинамических условиях, способствует глубокой очистке ММ от мелкодисперсной нерастворимой фазы загрязнений, что тормозит окисление масла и вызывает снижение нагаро- и лакообразования деталей двигателя [3].

Беря на себя основную грязевую нагрузку, частичнопоточные фильтрующие элементы (ФЭЧП) облегчают функционирование полнопоточных элементов. Последние работают дольше в режиме фильтрования полного потока масла, поступающего во внутреннюю систему смазки (СС) двигателя. Предохранительные смазки (СС) двигателя. Предохранительные (перепускные) клапаны полнопоточных фильтрующих элементов (ФЭПП) при наличии ФЭЧП реже срабатывают и открываются на более короткий период времени при перепуске холодного масла, особенно в конце своего срока службы, который в этом случае значительно удлиняется.

Целью эксплуатационных испытаний на судах комбинированных масляных фильтров (ФМК), содержащих в одном корпусе ФЭ, функционирующих в полнопоточном режиме очистки и подключаемых в системе смазки байпасно со сбросом отфильтрованного масла в картер двигателя, было определение их эффективности в форсированных дизелях, использующих как дизельное топливо, так и мазуты. Сравнение эффективности работы ФМК велось относительно результативности использования в двигателях штатных очистителей – полнопоточных фильтров тонкой очистки масла (ФМП). Эксперимент осуществлялся этапами по 2 тыс. ч. На каждом из выбранных двигателей испытанию подверглись опытная и штатная системы очистки масла. Средняя нагрузка на дизель и ее дисперсия в сравниваемых вариантах отличалась не более чем 5%.

Основной эксперимент проводился на дизеле ДД112 (6ЧСН18/22) ($P_e = 440$ кВт, $p_{me} = 1,7$ МПа, $n_{дв} = 16,7$ с⁻¹). Использовалось масло М10Г₂(ЦС) (ГОСТ 12337-84) и топливо Л-0,5-62 (ГОСТ 305-76). Его система смазки оснащалась очистителем ФМК-4/2 с элементами ФЭПП-6,4 и ФЭЧП-6,4, использующая соответственно фильтровальные материалы БМ-35 и БМУ-15 [3]. Штатный вариант очистки ММ был представлен фильтром ФМП-3 с полнопоточными ФЭ «Нарва 6-4» поверхностного типа, фильтрующаяся штора которого была сформирована в виде многолучевой звезды с поперечной складкой из материала ДРКБ ($\Delta_H = 45$ мкм).

Вторым объектом испытаний ФМК был дизель Vasa (4ЧН20/28) с высоким наддувом ($P_e = 1000$ кВт, $p_{me} = 2,4$ МПа, $n_{дв} = 16,7$ с⁻¹). Дизель работал на масле М14Д₂(ЦЛ30) и топочном мазуте М-100 (ГОСТ 16585-75). Опытная система очистки включала фильтр ФМК-6/3 с ФЭ типоразмера 6,4, использующая фильтровальные материалы ДРКБ-40 (полнопоточные элементы) и КФМ-10 (частичнопоточные). Штатная система предусматривала использование фильтра ФМП-4 с ФЭ «Нарва 6-4», фильтрующаяся штора которого была сформирована из материала ДРКБ.

Судовой эксперимент проводился с соблюдением ОСТ 24.060.09-89 [4]. Пробы масла на анализ отбирались через 200 ч работы дизеля. С такой же периодичностью осуществляли его долив для компенсации угара. Оценка износа деталей дизеля (цилиндровых втулок и шеек коленчатого вала) производили с использованием метода искусственных баз (приборы УПОИ-6 и УПОИВ-2). Износ поршневых колец и вкладышей мотылевых подшипников контролировали их взвешиванием на аналитических весах ВЛА-200 до и после испытаний на каждом этапе. Нагаро- и лакообразование ДВС оценивали согласно [4] в балльной системе 344Т измерением площади, твердости и толщины нагаров, отложившихся на поршнях.

Физико-химические показатели ММ и их старение оценивали на основе методик [5]. Загрязнение масла контролировали по содержанию s нерастворимых продуктов (НРП), определяемых методом центрифугирования (ГОСТ 20684-75). Щелочность $Щ$ проб масла оценивали по ГОСТ 11362-76. Степень (глубину) окисления СО масла определяли через отношение интегральной интенсивности поглощения карбонилсодержащих соединений – $C = 0$ к группе – $C = C$ – ароматических ядер. Содержание смол C_M находили методом диализа и хроматографии. Срабатывание присадок $П$ контролировали сопоставлением щелочности фугата и диализата свежего и работающего масла.

Наблюдение за работой фильтров производили по рекомендациям [6]. Контроль режимов работы и технического состояния дизелей осуществляли согласно правилам технической эксплуатации. Испытания вышеуказанных объектов вели так, чтобы нагрузочные режи-

мы однотипных дизелей были довольно близкими по средней мощности как при работе со штатными, так и опытными фильтрами. Угар масла в период эксплуатационных испытаний на номинальном режиме работы двигателей составлял 1,2-1,6 г/(кВт·ч).

Расчет интенсивности (скорости) a_i старения ММ по любому направлению, при условии равенства концентрации $c_{ид}$ рассматриваемого компонента в доливаемом масле его содержанию $c_{ю}$ в свежем продукте, вели по результатам анализа взятых проб

$$a_i = K_y Q_y \frac{\sum_{j=1}^n (c_{ij} - c_{ю})}{\sum_{j=1}^n \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{K_y Q_y + (Q_{\phi} \rho_{\phi})_i}{G_0} \tau_j \right] \right\}},$$

где c_{ij} – содержание i -го компонента в масле за период τ_j его работы;

$K_y Q_y, (Q_{\phi} \rho_{\phi})_i$ – интенсивность удаления НРП и других продуктов старения при угаре и фильтровании масла;

G_0 – вместимость системы смазки.

Условия эксплуатации дизелей ДД112 были не столь жесткими, так как он работал на дизельном топливе, поэтому скорость загрязнения масла НРП была сравнительно невелика. На обоих этапах испытаний она была одинакова и в среднем составляла 8,4-8,6 г/ч (таблица 1).

Таблица 1 – Моторная эффективность комбинированного и полнопоточного фильтрования масел в дизелях ДД112 и Vasa20

Показатель	Дизели			
	ДД112 (6ЧСПН18/22)		Vasa20 (4ЧН20/28)	
	ФМП-3	ФМК-4/2	ФМП-4	ФМК-6/3
<i>Состояние моторного масла:</i>				
Концентрация НРП, %				
– общих	1,7±0,3	1,2±0,2	1,8±0,3	1,3±0,2
– зольных	0,34±0,06	0,25±0,04	0,48±0,07	0,32±0,05
Щелочность масла, мг КОН/г	2,4±0,5	3,9±0,5	7,4±1,2	12,5±1,6
Степень окисления, %	10,0±12	6,6±0,8	9,0±1,1	6,9±0,8
Содержание смол, %	12,8±1,4	8,5±0,9	12,9±1,5	0,56±0,06
Содержание присадок, отн. ед.	100	66±7	100	56±5
Диспергирующая способность, отн. ед.	0,51±0,06	0,62±0,07	0,48±0,05	0,56±0,06
<i>Интенсивность (скорость) старения масла, г/ч:</i>				
Поступление НРП	8,6±0,9	8,4±0,8	22,4±3,2	18,7±2,4
Срабатывание присадок*	28,4±4,1	19,6±2,7	51,4±6,2	38,7±4,2
Окисление	41±7	32±9	58±7	45±6
Смолообразование	64±8	48±6	132±15	96±12
<i>Работа маслоочистителей:</i>				
Интенсивность очистки от НРП, г/ч:				
– общих	46±4	240±25	72±8	340±42
– зольных	51±6	306±42	101±9	420±56
Срок службы ФЭ, тыс. ч				
– полнопоточных	0,76±0,09	1,64±0,2	0,83±0,22	1,32±0,15
– частичнопоточных	–	0,82±0,09	–	0,76±0,10
<i>Скорость изнашивания деталей ДВС:</i>				
Поршневых колец, г/1000 ч	4,7±0,5	3,2±0,3	9,1±1,3	5,8±0,7
Цилиндровых втулок, мкм/1000 ч	13,2±1,2	8,6±0,9	18,6±1,9	12,4±1,7
Вкладышей мотылевых подшипников, мг/1000 ч	11,2±1,2	8,9±9	15,8±1,6	12,6±1,4
Мотылевых шеек коленчатого вала, мкм/1000 ч	7,8±0,8	5,6±0,6	12,6±1,3	9,8±0,9
Нагаро- и лакообразование на поршнях (общая оценка), балл	8,5±0,9	6,2±0,7	15,6±1,8	12,7±1,3
Нагары в поршневых канавках, балл	2,8±0,3	2,4±0,2	5,6±0,7	3,8±0,4

*-скорость срабатывания присадок рассчитывалась по содержанию их активных компонентов в пробах отбора масла

Однако из-за разной интенсивности очистки масла М10Г₂(ЦС) ФМП и ФМК стабилизация его загрязнения НРП происходила на разном уровне, соответствующим концентрации 1,7 и 1,2%. Динамика накопления общих нерастворимых примесей в масле был близка к экспоненциальной зависимости (рисунок 1). Выявленная тенденция сохраняется как по НРП, так и другим компонентам старения масла. Стабилизация содержания зольных НРП, когда очистка масла осуществлялась полнопоточным фильтром, наблюдалась при средней концентрации 0,34%. При комбинированной очистке этот показатель был равен 0,25%.

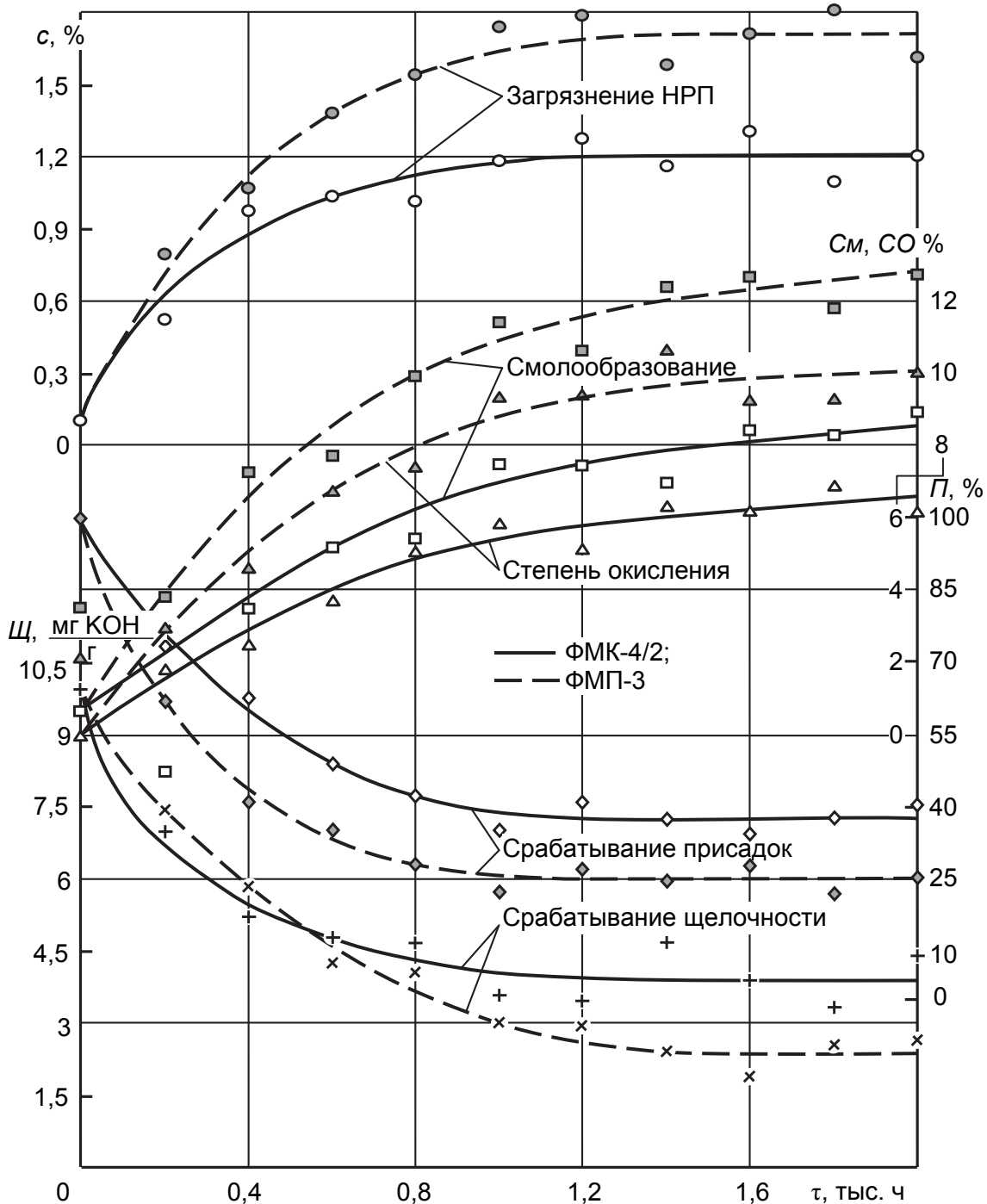


Рисунок 1 – Кинетика старения масла М10Г₂(ЦС) в дизеле 6ЧСН18/22

Указанному уровню загрязнения масла НРП интенсивность его очистки ФМП от общих примесей соответствовала 46, ФМК – 240 г/ч, то есть при комбинированном фильтровании она была в 5,2 раза выше полнопоточной очистки. По зольным продуктам $Q_{ф\phi}$ соотносилось как 52 против 306 г/ч. Таким образом, эффективность их удаления ФМК по сравнению со штатной очисткой была уже выше в 6 раз.

Интенсивное удаление комбинированным фильтром зольных НРП, являющихся катали-

затормозило окисление масла, приводит к снижению скорости срабатывания присадок. При введении глубокой очистки ММ она упала в полтора раза, то есть с 28,4 до 19,6 г/ч (таблица 1). Это способствовало стабилизации щелочности при комбинированном фильтровании масла на уровне 3,8 мг КОН/г, в то время как при штатной комплектации системы тонкой очистки масла наблюдалось падение щелочности до 2,4 мг КОН/г.

Нижний уровень щелочности при применении ФМК был в 1,6 выше чем при очистке масла ФМП. При этом выявлено одинаковое соотношение в срабатывании присадок, определяемое как по падению щелочности масла, так и по содержанию в пробах отбора их активного компонента.

Эффективная очистка ММ комбинированным фильтрованием способствовала снижению степени (глубины) окисления масла, что было зафиксировано по содержанию карбонилсодержащих продуктов группы – С=О. Максимальный уровень их в СС со штатным очистителем был 10, а при применении ФМК СО = 6,9%. Почти в таких же пропорциях находились и показатели по средней скорости образования этих продуктов в масле при интенсификации его очистки ФМК – 41 против 32 г/ч (таблица 1).

Также обнаружено снижение смолообразования масла при увеличении интенсивности его фильтрования. При применении опытной системы оно замедлилось, и скорость образования смол снизилась с 64 до 48 г/ч. Это привело к тому, что стабилизация содержания смол в ММ при применении ФМК установилась на уровне 8,5%. В то время как при полномочном фильтровании показатель S_M соответствовал 12,8%.

Снижение грязевой нагрузки на полнопоточные ФЭ при комбинированном фильтровании привело к увеличению $T_{фэпл}$ до 1,64 тыс. ч. В ФМП срок службы полнопоточных ФЭ был в 2,13 раза ниже. Этот показатель у штатного маслоочистителя составлял в среднем 0,76 тыс. ч. Статистика длительного применения ФМК в дизелях типа ЧН18/22 показала возможность продления срока службы ФЭЧП до значений 0,82 тыс. ч, то есть в заданной комплектации комбинированного фильтра достигается двукратная смена последних за срок службы полнопоточных ФЭ.

Износные характеристики дизеля ДД112 при комбинированной очистке масла значительно улучшились, так как включение в его СС фильтра с высокими показателями по полноте и тонкости отсева увеличило надежность защиты пар трения от абразивного изнашивания. В наибольшей мере (в 1,47–1,53 раза) снижение скорости изнашивания наблюдалось у поршневых колец и втулок цилиндров, что обусловлено увеличением показателя $Q_{ф\phi}$ за счет высокой интенсивности очистки масла частичнопоточных ФЭ.

Вкладыши подшипников и шейки коленчатого вала при применении ФМК в меньшей мере подверглись вредному воздействию абразивных частиц, поступающих в эти пары трения в незначительном количестве. Это связано с тем, что тонкость отсева от включения в систему смазки ФМК по сравнению с использованием ФМП несколько (с 45 до 35 мкм) улучшилась. По данным результатов испытаний можно констатировать, что, не смотря на повышение тонкости отсева, из-за снижения грязевой нагрузки на полнопоточные ФЭ предохранительные клапаны ФМК в период работы $\tau > 0,8T_{фэпл}$ при пуске дизеля открывались на более короткое время, чем при использовании ФМП.

Снижение нагаро- и лакообразования в дизеле ДД112 при применении комбинированного фильтрования по сравнению с полнопоточным составляло 2,3 балла, что было вызвано более интенсивной очисткой масла ФМК от мелкодисперсной фазы загрязнений. При этом общий уровень нагарообразования на поршнях снизился с 8,5 до 6,2 балла. На снижение этого показателя при включении в систему смазки дизеля ФМК оказало влияние менее интенсивное срабатывание присадок и сохранение моюще-диспергирующих свойств масла на более высоком уровне. По загрязнению поршневых канавок углеродистыми отложениями преимущество модернизированных систем очистки ММ незначительное.

Кинетика старения масла М14Д₂(ЦЛ30) в дизеле 4ЧН20/28 при работе на топочном мазуте М-100 с содержанием серы 2,5% показана на рисунке 2. В этом двигателе преимущество комбинированного над полнопоточным фильтрованием как по состоянию ММ, так и дизеля проявилась ярче, чем в ДД112, что связано с его высокой форсировкой и применением топлива низкого качества.

Так уровень загрязнения масла в дизеле Vasa20 при его очистке штатным фильтром, не смотря на большую поверхность ФЭ, возрос до 1,9%. Это вызвано высокой (22,4 г/ч) скоро-

стью поступления в смазочную систему этого дизеля продуктов неполного сгорания топлива и низкой (72 г/ч) интенсивностью очистки масла от НРП (см. таблица 1). При применении ФМК-6/3 $Q_{\phi\phi}$ по сравнению с полнопоточным фильтрованием возросла в 4,7 раза и составила 340 г/ч, что при скорости 18,7 г/ч привело к загрязнению масла НРП до уровня 1,3%. По зольным нерастворимым примесям стабилизация их накопления в ММ при полнопоточном и комбинированном фильтровании происходила на средних концентрациях уровня 0,48 и 0,32% соответственно. У сравнительных маслоочистителей интенсивность очистки по этим продуктам равнялась 101 и 420 г/ч.

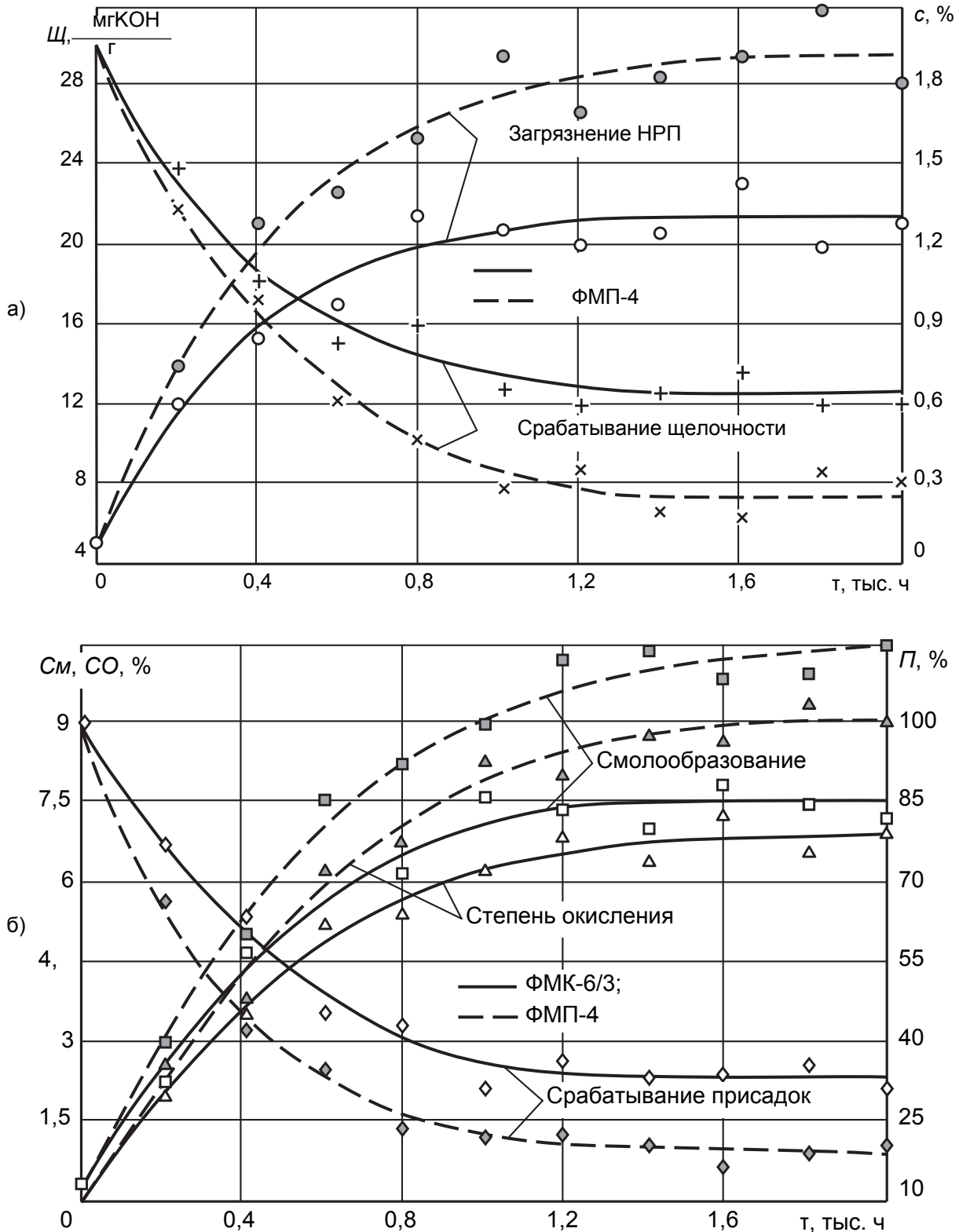


Рисунок 2 – Влияние МО на старение масла М14Д₂(ЦЛ30) в дизеле 4ЧН20/28

Влияние очистителей на глубину окисления масла проявилось в максимальной концентрации карбонилсодержащих продуктов (показатель CO) при штатном и опытном фильтрах на уровне соответственно 9,9 и 6,9% (рисунок 2). Смолообразование в дизеле 4СН20/28 проходило с интенсивностью 132 и 96 г/ч, что привело к накоплению в масле C_M в количестве 12,9% при включении в СС ФМП-4 и 8,7% – ФМК-6/3.

Срок службы полнопоточных ФЭ у этих маслоочистителей (МО) соответствовал 0,83 и 1,32 тыс. ч. Частичнопоточные ФЭ комбинированного фильтра меняли в среднем через 0,76 тыс. ч работы. Дополнительное байпасное фильтрование масла, не смотря на увеличение тонкости отсева ФЭПП, способствовало увеличению $T_{фэпп}$ по сравнению со сроком службы ФЭ «Нарва 6-4» в 1,6 раза.

В дизеле с высоким наддувом роль комбинированного фильтрования в снижении скорости изнашивания деталей ЦПГ проявилась в наибольшей мере (таблица 1). Так, применение ФМК-6/3 по сравнению с полнопоточным фильтрованием привело к снижению скорости изнашивания поршневых колец в 1,57 раз – с 9,1 до 5,8 г/1000 ч. При переходе на комбинированную очистку ММ цилиндры втулки стали изнашиваться с меньшей в полтора раза скоростью – с 18,6 до 12,4 мкм/1000 ч.

По вкладышам мотылевых подшипников и шейкам коленчатого вала, контактирующими с ними, при модернизации системы тонкой очистки масла зафиксировано незначительное снижение скорости изнашивания в 1,25-1,29 раз, что указывает на преобладающее значение в защите этих деталей от абразивного изнашивания полнопоточного фильтрования. В сравниваемых вариантах это направление очистки по тонкости отсева имеет одинаковые параметры.

Нагаро- и лакообразование при применении ФМК-6/2 по сравнению с ФМП-4 замедлилось в 1,23-1,47 раз. Причем наибольший эффект был зафиксирован в снижении нагаров в поршневых канавках, что сказывается на надежности работы дизеля. Его рабочие параметры и угар масла значительно стабильнее сохраняли эксплуатационный уровень при очистке ММ комбинированным фильтрованием. Этот тезис подтвержден длительным наблюдением за работой ФМК в СС дизелей рассматриваемой и другой размерности. Угар масла в дизелях Vasa24 по мере наработки моточасов при применении комбинированной очистки ММ был в 2-2,5 раза более медленным по сравнению с его очисткой только полнопоточным фильтрованием. Это обусловлено более низкой скоростью изнашивания маслосъемных поршневых колец.

Подводя итоги испытаний комбинированного маслоочистительного комплекса на судах в дизелях разной форсировки, можно отметить высокую эффективность ФМК. Рациональность его использования доказана не только при использовании дизельного, но и при применении моторного топлива и мазутов (флотского и топочного). Разница в эффективности ФМК и ФМП возрастает при ухудшении качества топлива, повышении моторных свойств масел, увеличении их моюще-диспергирующих показателей и щелочности, сопровождающейся ростом зольности.

Анализ эффективности комбинированного фильтрования масла в ДВС показал, что система тонкой очистки ММ на его основе предпочтительнее полнопоточного фильтрования в двигателях при удельной скорости загрязнения ММ более 0,05 г/(кВт·ч). Особенно перспективно использование ФМК в дизелях, работающих на низкосортных топливах (мазутах) и маслах с высокими диспергирующими и стабилизирующими свойствами с показателем ДСС>18.

Судовой эксперимент подтвердил также рациональность применения комбинированного фильтрования ММ в двигателях, пары трения которых очень чувствительны к загрязнению масла НРП. Обычно это наблюдается при высоких удельных давлениях поршневых колец на втулку цилиндра и при малых толщинах «масляного клина» в трибосопряжениях.

Выводы:

- проведена эксплуатационная оценка моторной эффективности комбинированной системы тонкой очистки масла фильтрованием, использование которой в судовых дизелях позволяет: снизить в 1,2-1,8 раза скорость изнашивания основных трибосопряжений двигателей и уменьшить нагаро- и лакообразование на поршнях не менее чем на 35%; повысить в 1,5-2 раза срок службы ММ и полнопоточных ФЭ; стабилизировать на длительный срок работы дизеля угар и расход ММ на минимальном уровне;
- доказана рациональность применения комбинированных фильтров в СС дизелей при

повышенном загрязнении масла НРП, что может быть вызвано их высокой форсировкой наддувом, использованием низкосортных топлив, в том числе топочных мазутов, длительной работой двигателей с перегрузкой и на переменных неуставившихся режимах с интенсивным поступлением в ММ продуктов неполного сгорания топлива. Использование комбинированного фильтрования также рационально в ДВС с низким угаром масла, когда маслообмен в системе смазки мал, что вызывает интенсивное срабатывание присадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Таращан, Н.Н. Моделирование в дизеле эффективности очистки моторного масла комбинированным фильтрованием / Н.Н. Таращан // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2011. -№1. -С. 191-196.
- 2 Таращан, Н.Н. Идентификация области рационального использования комбинированной тонкой очистки моторного масла в судовых дизелях / Н.Н. Таращан, Г.П. Кича // Вестн. мор. гос. ун-та. -Владивосток: МГУ, 2012. -Вып.52. -С. 46-54.
- 3 Таращан, Н.Н. Повышение эффективности комбинированной очистки моторного масла в судовых дизелях полно- и частичнопоточным фильтрованием: дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05 / Таращан Николай Николаевич. -Владивосток, 2014. -218 с.
- 4 ОСТ 24.060.09-89. Методика оценки моторных и физико-химических свойств масел при их стендовых испытаниях. -М.: ЦНИИТЭИтяжмаш. -1990. -56 с.
- 5 Никифоров, О.А. Рациональное использование моторных масел в судовых дизелях / О.А. Никифоров, Е.В. Данилова. -Л.: Судостроение, 1986. -96 с.
- 6 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. -Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *очистка масла, комбинированное фильтрование, эффективность масляного фильтра, моторные испытания маслоочистителя, износ и нагарообразование дизеля*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Таращан Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
Кича Геннадий Петрович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

РАЗРАБОТКА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ТРИБОДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ТРОНКОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

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

А.В. Надежкин, М.Е. Старченко, В.Н. Даничкин

DEVELOPMENT OF THE SEARCH ALGORITHM OF THRESHOLD VALUES BASED ON THE METHOD OF SIMULATION FOR TRIBODIAGNOSTICS MARINE DIESEL ENGINES TRUNK PISTONS
Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
A.V. Nadezhkin, M.E. Starchenko, V.N. Danichkin

The simulation studies of the kinetics of accumulation of wear debris in a running diesel oil was conducted. A significant influence on this process has a equipment of purification lubrication, quality of fuel and motor oil. Formed a general algorithm of solving the problem of determining the thresholds of concentration of wear particle in a running engines oil for trunk piston marine diesel engines. This algorithm is based on a various design and operational factors.

Keywords: engine oil, particle of debris, size distribution

Проведены имитационные исследования кинетики накопления продуктов износа в работающем масле дизелей. Установлено существенное влияние на этот процесс комплектации системы смазки агрегатами очистки, качества применяемого топлива и моторного масла. Сформирован алгоритм общего решения задачи определения пороговых значений концентрации продуктов износа в работающем моторном масле для судовых тронковых дизелей с учетом различных конструктивных и эксплуатационных факторов.

При разработке методов трибодиагностики судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) тронкового типа оценка принятых решений сопряжена с затруднениями, так как рассматриваемая техническая система, главные составляющие которой – дизель, топливо, масло, средства очистки – подразделяются на множество элементов. Причем каждый из них связан с элементами других подсистем сложными функциональными зависимостями.

Нами рассмотрена возможность оценки накопления продуктов износа в работающем моторном масле (РММ) судового дизеля с помощью разработанных имитационных моделей [1]. Имитационное моделирование позволило исследовать по показателю «концентрация продуктов износа» взаимодействие звеньев сложной системы «Дизель-эксплуатация –

топливо-масло-очистка» (ДЭТМО). Полная математическая формулировка эффективности функционирования этого комплекса затруднена вследствие случайного характера связей. Вычислительный эксперимент проводили с целью исследования и предсказания возможностей получения пороговых значений концентрации продуктов износа в РММ тронковых СДВС с учетом стохастичности массодисперсного обмена и различной комплектации агрегатами очистки систем смазки.

Иллюстрацию возможностей моделей при исследовании циркуляции и динамики накопления частиц износа в работающем масле системы смазки дизеля [2] и сопоставимости получаемых на ее основе результатов с данными эксплуатационных испытаний осуществлен на примере дизеля 24TS(ЧН24/31). Данный модельный ряд дизелей достаточно широко представлен на флоте Дальневосточного бассейна. В испытательной лаборатории «Химмотология» МГУ им. адм. Г.И. Невельского накоплен большой статистический материал значительного параметра концентрация продуктов износа c^{Me} в работающем масле различных модификаций этих дизелей.

Система очистки некоторых моделей рассматриваемых двигателей включает частично поточный (ЦО) и бумажный полнопоточный фильтр (ФТОМП). Другие модели двигателей оснащены только ФТОМП. Пропускная способность центрифуги равна $Q_u = 550$ кг/ч. Этот показатель у фильтра составляет $Q_\phi = 32000$ кг/ч при номинальной (95-ти процентной) тонкости отсева $\Delta_\phi \approx 40$ мкм. У центрифуги номинальная тонкость отсева $\Delta_u \approx 14$ мкм [1].

Сопоставим полученные результаты имитационного моделирования с имеющимися экспериментальными данными. Было обработано 183 анализа проб работающего масла дизелей 24TS, эксплуатируемых на дистиллятных сортах топлива и маслах класса M10Г₂(ЦС) (ГОСТ 12337-84). Система их смазки была оснащена ФТОМП и ЦО. К рассмотрению были приняты двигатели, имеющие заведомо исправное состояние, но при этом с разной наработкой после моточисток. Для 90% дизелей разброс величины концентрация железа c^{Fe} составил 2,8-9,2 г/т. Среднестатистическое значение c^{Fe} в анализируемых пробах работающего масла равнялось 4,37 г/т, что хорошо согласуется с полученными результатами моделирования. Несколько более высокое значение c^{Fe} , полученное по результатам эксперимента, можно объяснить тем, что дизели имели разное техническое состояние, и скорость поступления в систему смазки продуктов износа, их дисперсный состав не были стабильными.

Одна из модификаций анализируемых дизелей работала на тяжелом топливе класса RMA-30, RMB-30 (ISO 8217) или Ф-5 (ГОСТ 10585-99) и масле типа M14Д₂(ЦЛ20). В этом случае происходит увеличение интенсивности износа [3], что вызывает рост a^{Fe} в 2,2 раза. На рисунке 1 дано изменение величины c^{Fe} для этого случая. Очевидно, что при переводе дизелей на тяжелое топливо концентрация продуктов износа в работающем масле возрастает в 2-3 раза. Это хорошо согласуется с данными компании WARTSILA – производителя дизе-

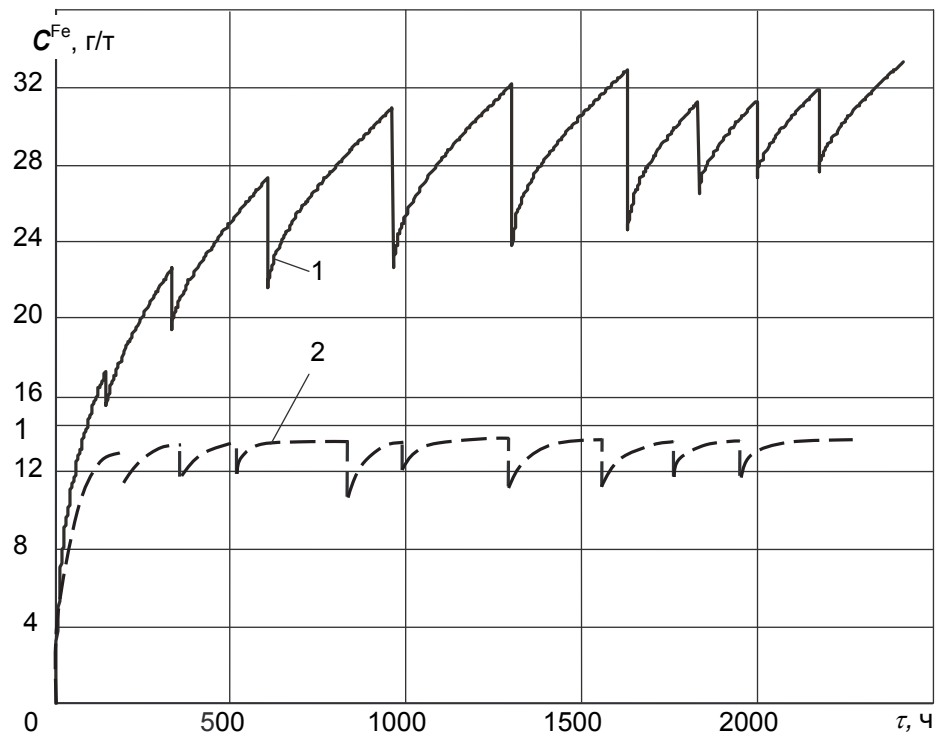


Рисунок 1 – Динамика накопления содержания железа в системе смазки дизеля 524TS при его работе на тяжелом топливе: 1-очистка масла ФТОМП; 2-комбинация ФТОМП и ЦО

лей. В соответствии с её рекомендациями [4] при работе на дистиллятных топливах нормальный уровень содержания c^{Fe} в работающем масле составляет 5-15, а критический превышает 25 г/т.

В случае же работы дизелей на тяжелом топливе эти уровни соответственно равны 10-40 г/т и более 50 г/т. При этом комплектация систем смазки дизелей агрегатами очистки не учитывается, а данный фактор нивелируется за счет достаточно широкого диапазона допустимого изменения величины c^{Fe} . Однако такой подход может привести к слишком поздней постановке диагноза о наличии дефектов в работе двигателя.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования массодисперсного обмена в системе дизеля при интенсификации процессов изнашивания его основных узлов и деталей, что соответствует неисправному состоянию двигателя. Скорость поступления продуктов износа a^{Fe} возрастает при этом более чем в 15 раз [2], изменяется их дисперсный состав – $\bar{T}_{os}^j = 2,7$ мкм, $\sigma_j^j = 1,8$ мкм. Количество крупнодисперсных частиц продуктов износа, поступающих в систему смазки дизеля, при таких параметрах распределения возрастает во много раз. Так, относительная доля частиц размером 10 мкм увеличивается более чем 10^{10} раз по сравнению с нормальным процессом изнашивания узлов и деталей двигателя [2].

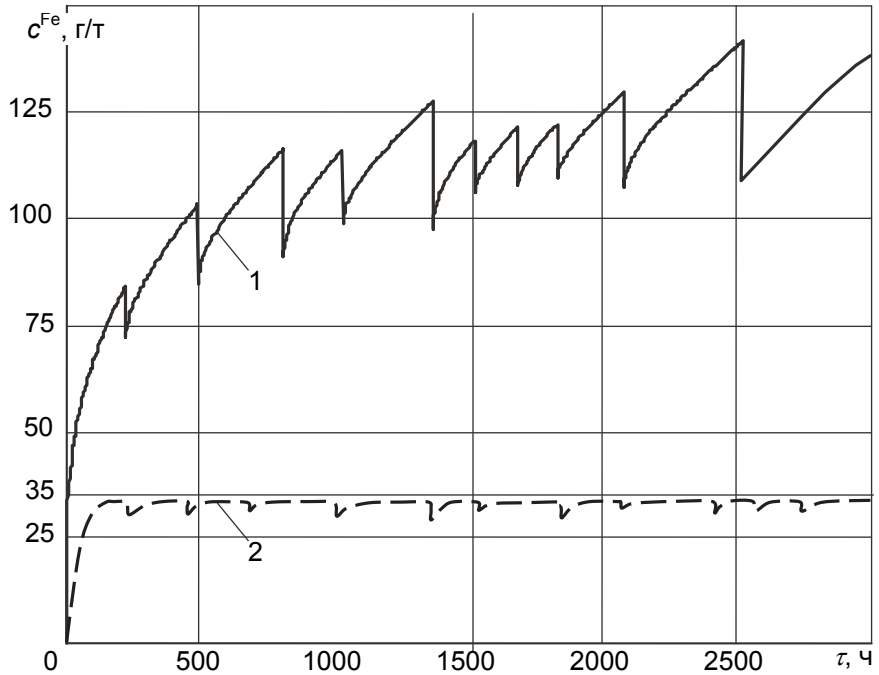


Рисунок 2 – Временная динамика массовых концентраций железа в моторном масле при аварийном изнашивании: 1-очистка моторного масла ФТОМП; 2-комбинация ФТОМП и ЦО

Из представленных результатов следует, что если в системе смазки работает только ФТОМП, то величина c^{Fe} превышает пороговое значение и неисправное состояние двигателя диагностируется. При дополнительной комплектации системы смазки ЦО пороговое значение оказывается не превышенным при фактически аварийном изнашивании узлов и деталей двигателя, то есть возникает эффект «пропуска цели» при диагностировании технического состояния дизеля.

Приведенный выше анализ указывает на то, что при выборе пороговых значений значения c^{Fe} для каждого типа двигателя необходимо учитывать не только условия эксплуатации, но и комплектацию системы смазки агрегатами очистки. Применение комплекса разработанных имитационных моделей позволяет дифференцировать процесс постановки диагноза и существенно повысить достоверность трибомониторинга и трибодиагностики двигателя.

Структурная схема алгоритма определения пороговых значений c^i (рисунок 3) требует тщательного изучения анализируемого объекта. При задании исходных данных необходимо указать не только технические характеристики дизеля, но и обязательно из нормативной документации определить химический состав трущихся сопряжений, так называемых индикаторов износа. Виды применяемых топлив и масел так же важны, потому что определяют скорость поступления продуктов износа в РММ. Особую сложность при моделировании представляют агрегаты очистки. Например, для ЦС требуется знать внутренний и наружный диаметр тарелок. Их количество, угол конусности. Эти данные обычно отсутствуют в инструкциях по эксплуатации, что требует разборки ЦС и последующего эскизирования деталей.

Расчет скорости поступления продуктов износа j -го типа в РММ конкретного дизеля осуществляется по триботехнической модели [3]. Она позволяет учесть влияние качества

топлива и масла на интенсивность изнашивания основных деталей КШМ и ЦПГ. Однако её применение требует знания базовых значений скорости поступления j -го металла в РММ. Такая информация получена нами в результате длительных моторных испытаний основного парка дизелей Дальневосточного бассейна.

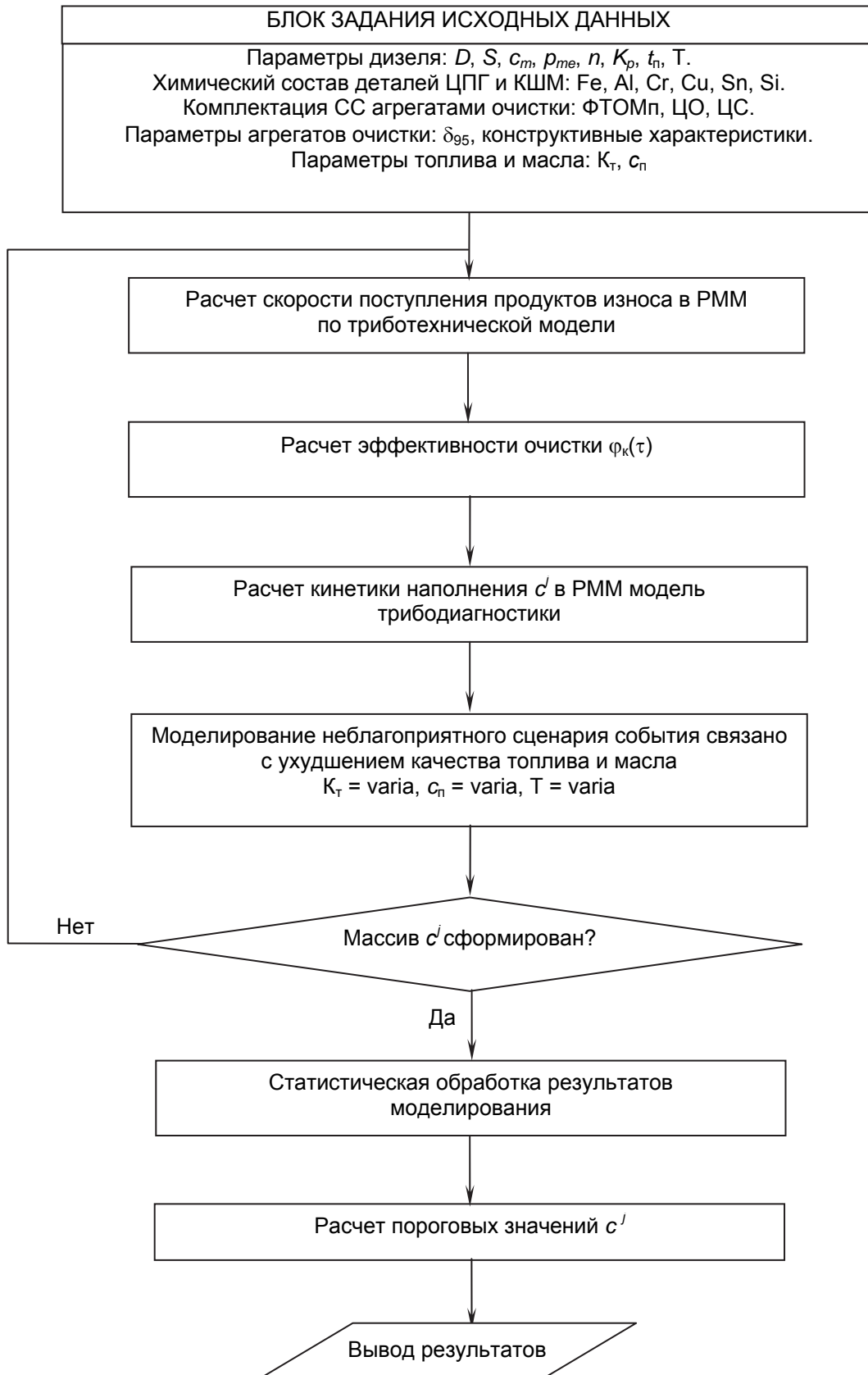


Рисунок 3 – Алгоритм определения пороговых значений c^j

Однако в случае отсутствия подобных данных они могут быть рассчитаны для деталей ЦПГ и КШМ по зависимостям, полученным в работах Н.Я. Яхьяева [5]. Далее в результате расчетов по имитационной модели [2], с учетом стохастичности процессов долива масла и работы агрегатов очистки [1] определяются среднестатистическое значение j -го элемента продукта износа и его отклонение относительно среднего.

Алгоритм предусматривает дополнительно исследовать возможные варианты неблагоприятного сценария развития событий, связанных с ухудшением качества топлива и моторного масла. Как правило, в инструкции завода-изготовителя рекомендуются различные марки дистиллятных или остаточных топлив, на которых рекомендуется эксплуатация СДВС. Особое внимание здесь, прежде всего, обращается на вязкость топлива, поскольку именно на неё ориентирована топливная аппаратура. Однако анализ существующих спецификаций на морское топливо показывает, что для топлив имеющих практически одинаковые значения вязкости, их абразивоопасность изменяется в достаточно широком диапазоне, тем самым вызывая различные скорости изнашивания деталей СДВС. Для примера в таблице 1 приведены характеристики двух топлив RME-180 и RMF-180 по стандарту ISO 8217 «Требования к топливам для морских судов». Вязкость этих топлив одинакова и равна 180 сСт при 50 °С, а вот зольность второго практически в 1,5 раза выше как и соответственно его абразивоопасность. Обобщенный критерий K_T качества топлива в триботехнической модели напрямую связан как с зольностью, так и коксуемостью топлива [3].

Работающее моторное масло в процессе эксплуатации подвергается старению [1], которое идет по следующим основным направлениям: загрязнение, окисление и срабатывание присадок. Указанные факторы способствуют увеличению скорости поступления продуктов износа в РММ. Как следует из модели (2) скорость изнашивания деталей прямо пропорционально концентрации нерастворимых продуктов загрязнения в масле. Поэтому процесс старения РММ оказывает влияние на концентрацию продуктов износа в РММ, даже если характеристики масла и не достигли браковочного уровня. В предложенном алгоритме эти факторы учитываются через увеличение скорости изнашивания деталей, определяемой по триботехнической модели [3].

Получив в результате имитационного моделирования статистические характеристики концентрации индикаторов износа в РММ: среднестатистическое значение концентрации j -го продукта износа \bar{c}^j и его дисперсию σ_{c_j} . Используя далее методологию метода Неймана-Пирсона и правило трех сигм [6], определяем пороговые значения концентрации j -го продукта износа в РММ.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики судовых остаточных топлив

Наименование показателя	RME-180	RMG-180
Вязкость кинематическая при 50 °С, сСт	180	180
Зольность, %	0,07	0,1
Коксуемость, %	15,0	18,0
Содержание ванадия, г/т	150,0	350,0

Получив в результате имитационного моделирования статистические характеристики концентрации индикаторов износа в РММ: среднестатистическое значение концентрации j -го продукта износа \bar{c}^j и его дисперсию σ_{c_j} . Используя далее методологию метода Неймана-Пирсона и правило трех сигм [6], определяем пороговые значения концентрации j -го продукта износа в РММ.

Таблица 2 – Пороговые значения c^j (г/т) в пробах РММ для тронкового дизеля 624TS (6ЧН24/31); марка топлива RMB 30/Ф5 (ISO 8217/ ГОСТ 10585); $K_T = 1,2-1,6$ отн. ед.; марка масла M10D2(ЦЛ20), Lukoil Navigo 20/30, Disola M3020; система очистки РММ– ФТОМn + ЧЦО

Изнашиваемая деталь дизеля	Основной/дополнительный химический элемент – индикатор износа	Индикаторы износа	Значение концентрации продуктов износа для разных классов технического состояния	
			исправное	неисправное
Цилиндровая втулка	Fe/Si	Fe	7,3–21,8	более 30
Поршневые и масло-съемные кольца	Fe/Cr, Si	Cr	2,3–4,6	более 5
Тронк поршня	Al/	Pb	4,2–10,4	более 19
Рамовые и мотылевые вкладыши	Pb/Sn, Cu	Sn	1,8–,4	более 10
Коленчатый вал	Fe/Cr, Ni	Cu	1,1–2,2	более 5,0

Основываясь на результатах трибомониторинга, а так же путем имитационного моделирования были разработаны предельные нормы содержания продуктов износа в РММ основных типов дизелей, эксплуатируемых на Дальневосточном бассейне. Для примера в таблице 2 даны пороговые значения индикаторов износа для дизель-генератора 624TS

(6ЧН24/31), эксплуатируемого на тяжелом топливе. Эти двигатели установлены в качестве вспомогательных дизель-генераторов на судах серии СА-15 (8 судов) и ледоколах «Магадан» и «Капитан Хлебников» ОАО «Дальневосточное морское пароходство»

Выводы:

– Сопоставление результатов численного моделирования и данных трибомониторинга дизелей в эксплуатации на судах показало, что они хорошо согласуются. Проведенные имитационные исследования кинетики накопления продуктов износа в работающем масле дизелей позволили установить существенное влияние на этот процесс комплектации системы смазки агрегатами очистки, качества применяемого топлива и моторного масла.

– Сформирован алгоритм общего решения задачи определения пороговых значений c^j для СДВС тронкового типа с учетом различных конструктивных и эксплуатационных факторов. Практическая реализация данного алгоритма нашла в разработке и внедренной норм определения технического состояния СДВС по результатам моделирования, включающего в себя критерии и условия разделения технического состояния СДВС на классы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Изд-во мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.
- 2 Надежкин, А.В. Имитационная модель трибодиагностики двигателей внутреннего сгорания / А.В. Надежкин, А.В. Безвербный, Г.П. Кича // Трение, износ и смазка. -М.: Машиностроение, 2009. -№3. -С. 6-14.
- 3 Кича, Г.П. Моделирование изнашивания судовых тронковых дизелей при использовании унифицированных моторных масел / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Б.Н. Перминов и др. // Трение и износ. -2004. -Т.25, -№6. -С. 635-641.
- 4 Operating instruction. Lubrication oil analysing and quality follow-up. -Wartsila Finland Oy. -No WT98Q001. -2003. -8 p.
- 5 Яхьяев, Н.Я. Оценка интенсивности изнашивания втулок цилиндров и поршневых колец судовых двигателей внутреннего сгорания / Н.Я. Яхьяев // Двигателестроение. -2002. -№4. -С. 6-9.
- 6 Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. -М.: Машиностроение, 1978. -240 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

моторное масло, пороговые значения, концентрация частиц загрязнения

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Надежкин Андрей Вениаминович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

Старченко Михаил Евгеньевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

Даничкин Виталий Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Федосеева, А.М. Барановский, А.К. Зуев

THE DISTRIBUTION OF ENERGY IN A SYSTEM WITH MULTIPLE DEGREES OF FREEDOM

Siberian state university of water transport

M.A. Fedoseeva, A.M. Baranovskij, A.K. Zuev

In the article generalized the behavior of a system with multiple degrees of freedom.

Keywords: oscillations of a spring, energy distribution on the degrees of freedom, ship vibration isolators, protection against noise on board ships

Рассматривается обобщенное поведение системы с несколькими степенями свободы.

В системах с несколькими степенями свободы проявляется эффект взаимодействия и равномерного распределения энергии. Этот эффект по своим проявлениям близок к поведению газов, в частности, к изменению теплоёмкости от температуры (закон Дебая) [1]. Для исследования выберем механическую систему с двумя степенями свободы и рассмотрим распределение энергии в зависимости от начальных условий [2].

Характер движения можно определить по отношению скоростей по степеням свободы. Используем математическую модель (1), (2) взаимодействия упругих элементов, установленных ортогонально в начальном положении. Зададим начальную скорость по одной оси и построим фазовый портрет скоростей по осям.

Предварительные исследования показывают, что распределение энергии существенно зависит от начальных условий. Для численного решения уравнений движения выберем ну-

левое положение массы, при котором пружины не деформированы и скорость равную нулю по одной из координат.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{1}{m} \left[\frac{(x+x_0)c_x \left(\sqrt{(x_0+x)^2 + y^2} - x_0 \right)}{\sqrt{(x_0+x)^2 + y^2}} + \frac{xc_y \left(\sqrt{(y_0+y)^2 + x^2} - y_0 \right)}{\sqrt{(y_0+y)^2 + x^2}} \right]; \quad (1)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{1}{m} \left[\frac{yc_x \left(\sqrt{(x_0+x)^2 + y^2} - x_0 \right)}{\sqrt{(x_0+x)^2 + y^2}} + \frac{(y_0+y)c_y \left(\sqrt{(y_0+y)^2 + x^2} - y_0 \right)}{\sqrt{(y_0+y)^2 + x^2}} \right]. \quad (2)$$

Проведем «сканирование» по скорости и сделаем выборку характерных явлений распределения энергии по степеням свободы. При малых начальных скоростях энергия на второй степени свободы не проявляется. С ростом начальной скорости распределение энергии начинает проявляться приблизительно пропорционально уровню энергии (рисунок 1).

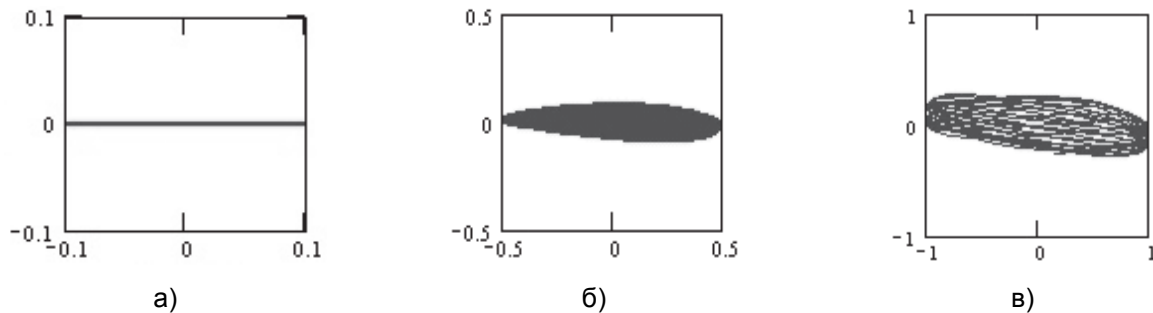


Рисунок 1 – Влияние начальной энергии на формы портрета: а)-0,1 м/с; б)-0,5 м/с; в)-1 м/с

Когда начальные условия приближаются к точке бифуркации, обмен энергией между степенями свободы резко усиливается (рисунок 2).

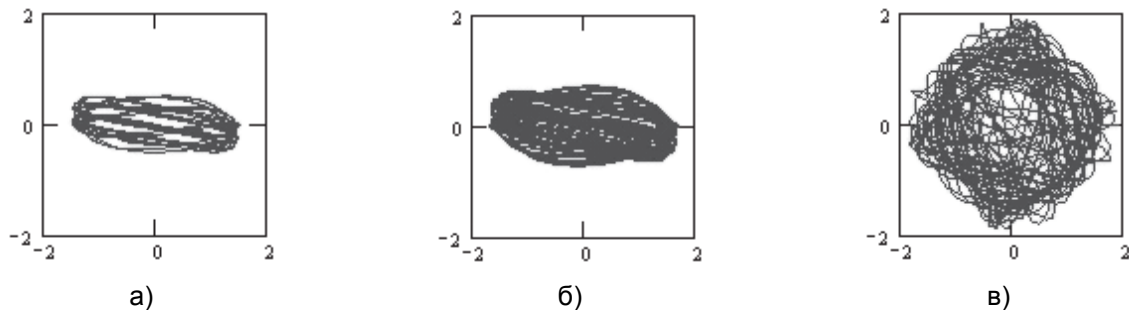


Рисунок 2 – Влияние начальной энергии на формы портрета: а)-1,5 м/с; б)-1,7 м/с; в)-1,9 м/с

После точки бифуркации отношение скоростей по степеням свободы сохраняется до скоростей в несколько десятков раз больших, чем критическая скорость. Для примера зададим начальную скорость 50 м/с. На рисунке 3 показан фазовый портрет и движение массы.

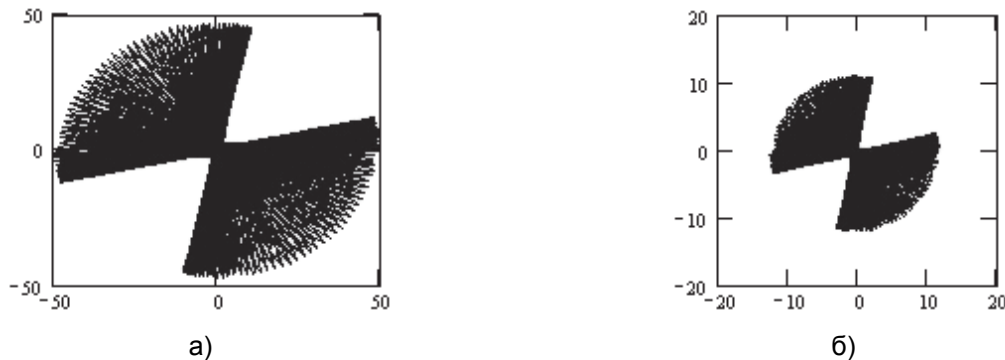


Рисунок 3 – Влияние большой энергии на форму колебаний: а)- фазовый портрет; б)- движение массы

График отношения скоростей по степеням свободы (рисунок 4) показывает переход от

низкого взаимодействия к полному взаимодействию упругих элементов в модели массы, установленной на двух ортогональных пружинах.

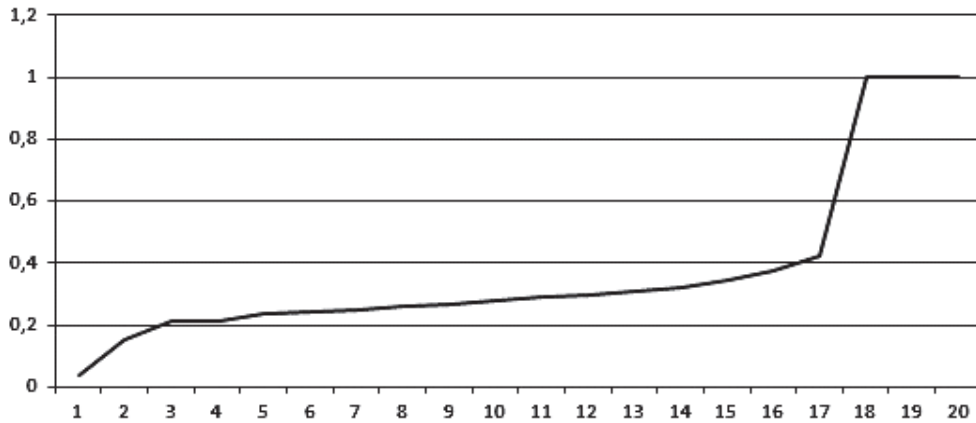


Рисунок 4 – Отношение скоростей по степеням свободы в зависимости от начальной скорости

Вывод. Обобщенное поведение системы напоминает закон теплоемкости Дебая для твердых тел с моноатомной элементарной кристаллической ячейкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. -М.: Наука, 1987. -Т.3. -С. 162-166.
- 2 Федосеева, М.А. Влияние нелинейности на распределение энергии по степеням свободы / М.А. Федосеева, А.М. Барановский, А.К. Зуев // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост.-2015. -№4. -С.143-145.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: колебания пружины, распределение энергии по степеням свободы, судовые виброизоляторы, защита от шума на судах

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Федосеева Марина Александровна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Барановский Александр Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Зуев Анатолий Кузьмич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПО СТЕПЕНЯМ СВОБОДЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.А. Федосеева, А.М. Барановский, А.К. Зуев

NONLINEAR INFLUENCE ON ENERGY DISTRIBUTION ON DEGREES OF FREEDOM

Siberian state university of water transport

M.A. Fedoseeva, A.M. Baranovskij, A.K. Zuev

The effect of soft elastic nonlinearity on the distribution of kinetic and potential energy on degrees of freedom is discussed.

Keywords: oscillations of a spring, energy distribution on the degrees of freedom, ship vibration isolators, protection against noise on board ships

Рассматривается эффект мягкой нелинейности на распределение кинетической и потенциальной энергии по степеням свободы.

В любом состоянии система обладает энергией, которая складывается из кинетической энергии движения и потенциальной энергии системы как целого. В сложных системах эта энергия часто распределена равномерно, что позволяет вести расчёт виброзащитных свойств по интегральным методикам.

Рассмотрим, как мягкая нелинейность повлияет на распределение энергии по степеням свободы. Возьмем плоскую упругую систему из двух ортогональных пружин с массой

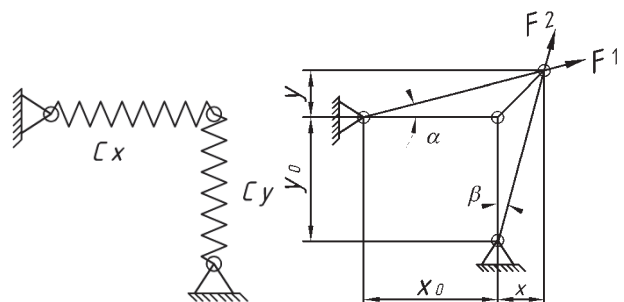


Рисунок 1 – Упругая система

в вершине (рисунок 1), массу сместим в новое положение. При этом пружины растянутся и сместятся на углы α и β

Проекции силы определим через жёсткость и смещение

$$F_1 = -c_x \left[\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2} - x_0 \right]; \quad (1)$$

$$F_2 = -c_y \left[\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2} - y_0 \right]; \quad (2)$$

$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha = F_1 \frac{x + x_0}{\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2}}; \quad (3)$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \alpha = F_1 \frac{y}{\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2}}; \quad (4)$$

$$F_{2x} = F_2 \sin \beta = F_2 \frac{x}{\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2}}; \quad (5)$$

$$F_{2y} = F_2 \cos \beta = F_2 \frac{y + y_0}{\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2}}. \quad (6)$$

Дифференциальные уравнения движения по осям имеют вид

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{1}{m} \left\{ \frac{(x + x_0) c_x \left[\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2} - x_0 \right]}{\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2}} + \frac{x c_y \left[\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2} - y_0 \right]}{\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2}} \right\}; \quad (7)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{1}{m} \left\{ \frac{y c_x \left[\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2} - x_0 \right]}{\sqrt{(x_0 + x)^2 + y^2}} + \frac{(y_0 + y) c_y \left[\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2} - y_0 \right]}{\sqrt{(y_0 + y)^2 + x^2}} \right\}. \quad (8)$$

Уравнения слабо связаны при малых смещениях, что обусловлено ортогональным расположением пружин. При малых начальных скоростях или отклонениях по одной оси вторая пружина не оказывает влияние на поперечное движение массы. Как альтернатива может быть указана цепная система [1, 2], в которой нелинейность является «жёсткой» и даже самые малые возмущения распространяются равномерно по всей системе.

Подготовим параметры для численного расчёта в Mathcad: q_0 - смещение по оси x ; q_1 - смещение по оси y ; q_2 - скорость по оси x ; q_3 - скорость по оси y .

Тогда уравнения будут иметь вид

$$\frac{dq_2}{dt} = -\frac{1}{m} \left\{ \frac{(q_0 + x_0) c_x \left[\sqrt{(q_0 + x_0)^2 + q_1^2} - x_0 \right]}{\sqrt{(q_0 + x_0)^2 + q_1^2}} + \frac{q_0 c_y \left[\sqrt{(q_1 + y_0)^2 + q_0^2} - y_0 \right]}{\sqrt{(q_1 + y_0)^2 + q_0^2}} \right\}; \quad (9)$$

$$\frac{dq_3}{dt} = -\frac{1}{m} \left\{ \frac{q_1 c_x \left(\sqrt{(q_0 + x_0)^2 + q_1^2} - x_0 \right)}{\sqrt{(q_0 + x_0)^2 + q_1^2}} + \frac{(q_1 + y_0) c_y \left(\sqrt{(q_1 + y_0)^2 + q_0^2} - y_0 \right)}{\sqrt{(q_1 + y_0)^2 + q_0^2}} \right\}. \quad (10)$$

Скорость массы выразим через проекции

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \quad (12)$$

Транзит массы через границу можно представить, как симметричный процесс смещения массы из положения равновесия при сжатых пружинах в положение равновесия при несжатых пружинах. Минимальная скорость, при которой возможен перескок в смежную форму равновесия найдётся из равенства кинетической и потенциальной энергии $E = U$ при деформации от устойчивого равновесия в неустойчивое. Будем задавать скорость по одной оси, и наблюдать процесс равномерного распределения энергии. Используем численный метод в программе Mathcad (рисунок 2).

$$\begin{aligned}
 & cx := 10 \qquad cy := 10 \qquad y0 := 1 \qquad m := 1 \qquad x0 := 1 \\
 & \text{init_vals} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1.85 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \text{init_t} := 0 \qquad \text{final_t} := 100 \qquad \text{Nsteps} := 3000 \\
 & D(t, q) := \begin{bmatrix} q_2 \\ q_3 \\ \frac{-1}{m} \cdot \left[\frac{(q_0 + x0) \cdot cx \cdot \left[\sqrt{(q_0 + x0)^2 + (q_1)^2} - x0 \right]}{\sqrt{(q_0 + x0)^2 + (q_1)^2}} + \frac{q_0 \cdot cy \cdot \left[\sqrt{(q_1 + y0)^2 + (q_0)^2} - y0 \right]}{\sqrt{(q_1 + y0)^2 + (q_0)^2}} \right] \\ \frac{-1}{m} \cdot \left[\frac{q_1 \cdot cx \cdot \left[\sqrt{(q_0 + x0)^2 + (q_1)^2} - x0 \right]}{\sqrt{(q_0 + x0)^2 + (q_1)^2}} + \frac{(q_1 + y0) \cdot cy \cdot \left[\sqrt{(q_1 + y0)^2 + (q_0)^2} - y0 \right]}{\sqrt{(q_1 + y0)^2 + (q_0)^2}} \right] \end{bmatrix} \\
 & R := \text{rkfixed}(\text{init_vals}, \text{init_t}, \text{final_t}, \text{Nsteps}, D) \qquad i := 0 .. \text{Nsteps}
 \end{aligned}$$

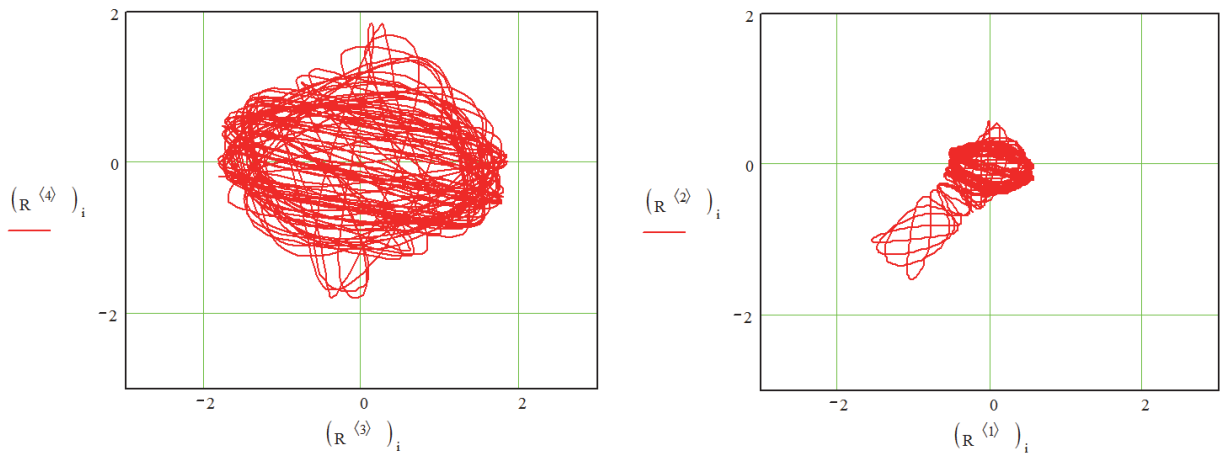


Рисунок 2 – Скорости и перемещения по двум степеням свободы

Исследованиями установлено, что при низком уровне энергии перескок массы в смежное равновесное состояние невозможен. Для перескока необходимо, чтобы кинетическая энергия в начальных условиях была больше потенциальной энергии сжатых пружин в положении равновесия. В предельном состоянии при равенстве кинетической и потенциальной энергии такой перескок требует бесконечно большого времени.

Как можно видеть из расчётов кинетическая энергия, заданная по одной степени свободы, в обоих случаях распределяется равномерно по двум степеням свободы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федосеева, М.А. Анализ спектра пружин упругих опор / М.А. Федосеева // Повышение эффективности судовой виброизоляции: Сб. науч. тр. Новосиб. гос. акад. водн. трасп. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад вод трансп., 2013. -С. 18-25.
- 2 Щербакова, О.В. Виброизоляция структурного шума на судах / Ольга Валерьевна Щербакова / автореф. дисс. канд. техн. наук. -Новосибирск, 2014. -20 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: колебания пружины, распределение энергии по степеням свободы, судовые виброизоляторы, защита от шума на судах

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Федосеева Марина Александровна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Барановский Александр Михайлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Зуев Анатолий Кузьмич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ТОПЛИВ И МАСЕЛ НА СУДАХ

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

С.П. Бойко, Г.П. Кича

ENGINEERING CALCULATION METHOD OF EFFICIENCY OF WOVEN FILTERING MATERIALS IN THE PROCESS OF CLEANING OF SHIPS FUELS AND OILS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
S.P. Boyko, G.P. Kicha

There is a simplified method of calculation of a subtlety and fractional coefficient of elimination of weave filtering materials. This simplification is reached by replacement of the internal filtering channels of difficult geometry formed from threads (wires) of a basis and a woof by capillaries in the form of triangular prism. The error of determination of filtering indicators of woven grids is estimated used by the simplified dependences in comparison with experimental data and by calculation of difficult models at the level 4-12%.

Keywords: woven filtering grids, filtering materials, filters self-recovering, efficiency of filters, geometry of a calico weave, purification of fuels and oils

Приведена упрощенная методика расчета тонкости и фракционного коэффициента отсева тканых фильтровальных материалов полотняного (голландского) переплетения. Упрощение достигается заменой внутренних фильтровальных каналов сложной геометрии, формируемых переплетением нитей (проволок) основы и утка, на капилляры в форме призмы с треугольным сечением. Показаны погрешность в 4-12% определения фильтровальных показателей тканых сеток по упрощенным зависимостям в сравнении с экспериментальными данными и с численным их расчетом по сложным моделям.

Тканые фильтровальные материалы (ТФМ) полотняного (голландского) переплетения находят широкое применение в очистке различных жидкостей от загрязнений. Используются они и в судовых топливо- и маслоочистителях некоторых конструкций саморегенерирующегося типа. Применение этих материалов в саморегенерирующихся фильтрах вызвано их высокими прочностными характеристиками и хорошей регенерируемостью, что весьма важно для эффективной промывки ТФМ обратным потоком фильтруемой жидкости. При этом промывной поток движется через поровую структуру тканой фильтровальной сетки (ТФС) при смывке отложений со скоростью в 2-30 раз более высокой, чем при фильтровании.

Эти сетки имеют весьма стабильную фильтровальную характеристику при низком гидравлическом сопротивлении, дрейф которой незначителен при накоплении остаточных загрязнений и блокировки пор. ТФС хорошо регенерируются, не деформируются и длительно сохраняют стабильными фильтровальные и гидравлические характеристики при периодической химической чистке фильтрующих элементов через 2-5 тыс. ч работы.

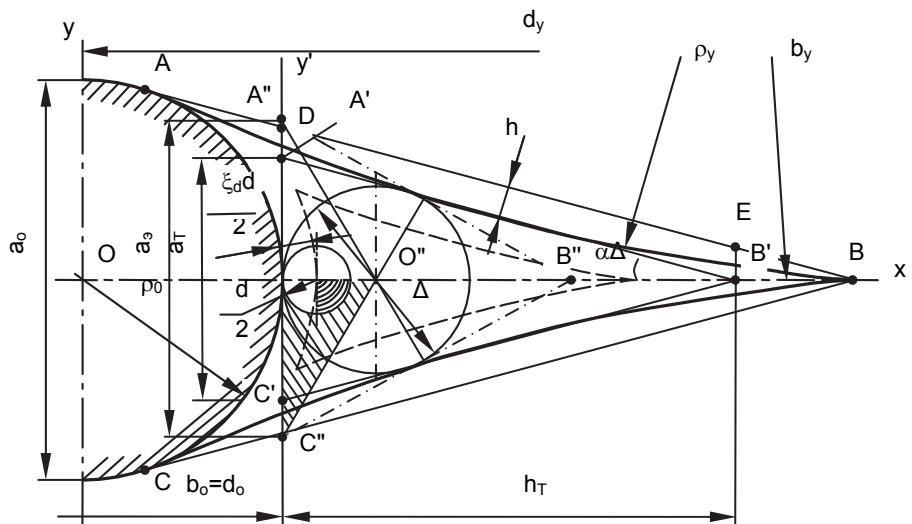


Рисунок 1 – Схема идентификации функциональных показателей ТФС

Расчету тонкости и полноты отсева ТФС посвящены многие работы [1-3]. Рассматриваемые в них фильтровальные каналы (поры) сложной геометрии, формируемые переплетением нитей основы и утка, чаще всего идентифицируются методами дифференциальной геометрии [2]. Самое узкое сечение внутреннего задерживающего загрязнения участка такого фильтровального материала формируется в виде криволинейного пространственного

треугольника. Расчет по его параметрам тонкости и фракционного коэффициента отсева довольно сложен и возможен только при привлечении численных методов [3].

В данной статье предложен упрощенный метод расчета задерживающей способности ТФС путем трансформации криволинейного в равнобедренный или равносторонний треугольники, лежащие в плоскости сечения фильтровального канала, проходящей через точки касания поверхностью воображаемого шара загрязнителя нитей утка и основы при очистке суспензии (рисунок 1).

В этой плоскости располагается сечение внутреннего фильтровального канала минимальной площади. Фильтровальный поток направлен перпендикулярно к этой плоскости. Она с нормалью к наружной поверхности ТФС составляет угол γ , который зависит от угла расхождения 2β нитей утка при их пересечении (на рисунке 1 эти углы не показаны и приведены в [2]).

Расчет угла γ осуществляется по координатам точек касания шара проволок утка и основы использованием половинного угла β в пересечениях нитей (проволок) утка

$$\gamma = \arctg\left(\frac{d_y}{d_o \cos \beta}\right); \quad \beta = \arcsin\left(\frac{d_\phi + d_y}{T_o}\right),$$

где d_o, d_y, T_o – диаметр нитей основы и утка, шаг основы, мкм.

Выделенный фильтровальный участок наглядно представлен в [2]. Поперечное сечение внутреннего задерживающего канала рассматриваемой плоскостью приведено на рисунок 1. Преобразование криволинейного треугольника ABC в равноценный ему по тонкости отсева равнобедренный $\Delta A'B'C'$ с прямолинейными сторонами осуществляется несколькими приемами.

Вписанный в криволинейный ΔABC равнобедренный треугольник $A'B'C'$ имеет в вершине B' угол 2α , половинная величина которого определяется на основе геометрии криволинейной внутренней поры

$$\alpha = \arctg\left[\frac{\cos \beta}{\cos \gamma \left(\frac{T_o}{d_o} - \sin \beta\right)}\right].$$

Самый простейший метод определения абсолютной тонкости отсева состоит в учете выпуклости сторон криволинейного треугольника, которая сужает условный просвет прямолинейного треугольника ABC. Вписанная в него окружность определяет условную тонкость отсева Δ' без учета кривизны сторон треугольника. Поправку h на выпуклость линии AB находим по известному соотношению между диаметром $2\rho_y$ окружности (дуги $\overset{\frown}{AB}$) и полухордами [2]

$$h = \rho_y - \sqrt{\rho_y^2 - \left(\frac{S_{AB}}{2}\right)^2},$$

где $S_{AB} = \frac{d_o \cos \beta}{2 \cos \gamma \sin \alpha}$; $\rho_y = \frac{d_y}{2} + \frac{2T_o^2 \cos^2 \beta}{\pi_2 d_y}$.

Условная тонкость отсева ТФС, определяемая по порам треугольного сечения ABC с прямолинейными сторонами соответствует

$$\Delta' = d_o \left[\frac{\cos \beta}{\cos \alpha} - (1 - \sin \beta) \operatorname{tg} \alpha \right] \operatorname{tg} \left(\frac{90 - \alpha}{2} \right).$$

Для корректировки условного размера Δ' при идентификации реальной тонкости отсева использовали величину

$$\delta \Delta = 2h \frac{\operatorname{tg} \left(\frac{90 - \alpha}{2} \right)}{\cos \alpha}.$$

Реальная абсолютная тонкость отсева внутреннего фильтровального канала ТФС в самом узком его сечении в форме криволинейного треугольника ABC составляет

$$\Delta = \Delta' - \delta\Delta = d_o \left[\frac{\cos \beta}{\cos \gamma} - (1 - \sin \beta) \operatorname{tg} \alpha \right] \operatorname{tg} \left(\frac{90 - \alpha}{2} \right) - 2h \frac{\operatorname{tg} \left(\frac{90 - \alpha}{2} \right)}{\cos \alpha}. \quad (1)$$

Второй метод определения реальной толщины отсева состоит в рассмотрении прямолинейного равнобедренного треугольника $A'B'C'$ в самом узком сечении внутреннего задерживающего канала (поры). По толщине отсева он эквивалентен криволинейному треугольнику, так как стороны первого полностью примыкают к сторонам второго. Прямолинейный треугольник как бы вписывается в криволинейный.

Длина стороны $A'B'$ $\Delta A'B'C'$ определяется по геометрическим соотношениям (длинам) отрезков AD и EB , формирующих ее проекцию на прямолинейном участке AB

$$S_{A'B'} = S_{AB} - S_{AD} - S_{EB} = \frac{d_o \cos \beta}{2 \cos \gamma \sin \alpha} - \frac{d(1 - \sin \beta)}{2 \cos \alpha} - \frac{h}{\sin \alpha \cos \alpha}. \quad (2)$$

Находим длину стороны $A'C'$ равнобедренного треугольника

$$S_{A'C'} = 2S_{A'B'} \sin \alpha. \quad (3)$$

Для этого варианта идентификации Δ абсолютная толщина отсева внутреннего канала рассчитывается через полупериметр $P_\Delta = S_{A'B'} + \frac{S_{A'C'}}{2}$ треугольника $A'B'C'$ по формуле

$$\Delta = 2(P_\Delta - S_{A'B'}) \sqrt{\frac{P_\Delta - S_{A'C'}}{P_\Delta}}. \quad (4)$$

К этой же расчетной формуле можно придти, оперируя длинами сторон дуги $\overset{\smile}{AB}$ и $\overset{\smile}{AC}$ криволинейного треугольника. Если считать их отрезками винтовых линий с радиусами кривизны ρ_y и ρ_o , то длины сторон криволинейного треугольника, расположенные соответственно на проволоках утка и основы, соответственно равны

$$\check{S}_y = \frac{\pi}{2} \rho_y = \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_y}{2} + \frac{2T_o^2 \cos^2 \beta}{\pi d_y} \right); \quad \check{S}_o = (\pi - 2\beta) \rho_o = (\pi - 2\beta) \left[\frac{d_o}{2} + \left(\frac{d_y}{\pi - 2\beta} \right)^2 \frac{2}{d_o} \right].$$

В таком случае длина прямолинейного отрезка AB может быть рассчитана через длину дуги \check{S}_y по формуле

$$S_{AB} = 2\rho_y \sin \frac{\check{S}_y}{2\rho_y}.$$

Переход к $S_{A'B'}$ осуществляется с учетом длин отрезков AD и EB по ранее использованной формуле (2).

Длина $S_{A'C'}$ находится по $S_{A'B'}$ по выражению (3) с расчетом величины угла α через рассматриваемые длины дуг

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{\rho_o \sin \frac{\check{S}_o}{2\rho_o}}{2\rho_y \sin \frac{\check{S}_y}{2\rho_y}} \right].$$

Далее также, как и во втором методе, расчет толщины отсева ведется по выражению (4) через полупериметр и длины сторон $\Delta A'B'C'$.

Усложненная процедура определения длин сторон равнобедренного $\Delta A'B'C'$ и угла α по величинам дуг \check{S}_y и \check{S}_o дает наиболее точные значения толщины отсева через его полупериметр. Однако отличие с результатами расчета значения Δ по формулам (1) и (4) при упрощенной и сложной оценке $S_{A'B'}$ и $S_{A'C'}$ не велико. Расхождение результатов расчета толщины отсева по упрощенным и более точной численной [2] методикам не превышает 5%. Из-за простоты следует отдать предпочтение рассматриваемого показателя ТФС через геометрические параметры переплетения, то есть по зависимостям (1) или (4) без нахождения длин дуг \check{S}_y и \check{S}_o .

Расчет фракционного коэффициента отсева может быть осуществлен по результатам исследования потока суспензии через $\Delta A'B'C'$. Основываясь на тех же подходах, что и при

разработке модели фильтрования через криволинейный треугольник [2], запишем обращаемой в ноль на контуре упрощенного сечения фильтровального канала произведение

$$S'_T(x, y) = x \left(x - h_T - \frac{2h_T}{a_T} \right) \left(x - h_T + \frac{2h_T}{a_T} y \right) = 0,$$

где каждый из сомножителей представляет уравнение сторон $\Delta A'B'C'$.

Лапласиан $\nabla_{S_T}^2 = \left(6 - 8 \frac{h_T}{a_T^2} \right) x - 4h_T$ (рисунок 1), определяемый по схеме [2-4], дает возможность получить выражение для скорости потока в плоскости расположения треугольника

$$v = \frac{\Delta p_\phi \left(x^3 - 2x^3 h_T + xh_T^2 - \frac{4h_T^2 xy^2}{a_T^2} \right)}{2\mu_m h_T \left[2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x \right]}, \quad (5)$$

где Δp_ϕ – перепад давлений на ТФС, Па;

μ_m – вязкость фильтруемой жидкости (масла), Па·с.

Приняв обоснованные ранее граничные условия интегрирования при фильтровании суспензии через пору треугольной формы [2] с определением потока Q_{S_T} и Q_{S_d} через полное сечение фильтровального канала и зону, где действие адгезионного захвата частиц не наблюдается, находим выражение для фракционного коэффициента отсева (рисунок 1)

$$\varphi_{\text{отф}} = 1 - \frac{\int_{\frac{\varepsilon_d d}{2}}^{2h_T \frac{\varepsilon_d d}{2 \sin \alpha}} \int_{\frac{\varepsilon_d d}{2} \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) + \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha}}^{\frac{a_T}{2} \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) + \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha}} \frac{x^3 - 2h_T x^2 + h_T^2 x - 4 \frac{h_T^2 xy^2}{a_T^2}}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x} dy dx}{\int_0^{h_T} \int_{\frac{\varepsilon_d d}{2} \left(1 - \frac{x}{h_T} \right)}^{\frac{a_T}{2} \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) + \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha}} \frac{x^3 - 2h_T x^2 + h_T^2 x - 4 \frac{h_T^2 xy^2}{a_T^2}}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x} dy dx}. \quad (6)$$

Интегрирование (6) по d_y еще больше упрощает выражение для \tilde{S}_y и $\varphi_{\text{отф}}$. Окончательно оно принимает вид

$$\varphi_{\text{отф}} = 1 - \frac{\int_{\frac{\varepsilon_d d}{2}}^{2h_T \frac{\varepsilon_d d}{2 \sin \alpha}} \left[a_T \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) - \frac{\varepsilon_d d}{2 \cos \alpha} \right] \left[x^3 - h_T x^2 \left(2 + \frac{\varepsilon_d d}{a_T \cos \alpha} \right) + h_T^2 x \left(1 + \frac{\varepsilon_d d}{a_T \cos \alpha} - \frac{(\varepsilon_d d)^2}{2a_T^2 \cos^2 \alpha} \right) \right]}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x} dx}{\int_0^{h_T} \frac{a_T \left(1 - \frac{x}{h_T} \right) (x^3 - 2h_T x^2 + h_T^2 x)}{2h_T - \left(3 - 4 \frac{h_T^2}{a_T^2} \right) x} dx}. \quad (7)$$

Поправка на вторичный унос частиц в результате отрыва их от ложа поры и попадания в фильтрат может быть учтена через безразмерную координату отсева ε_d . Идентификация ее с учетом действия гидродинамических факторов осуществлена в работе [4].

Дальнейшее упрощение зависимости (6) для интегрирования ее в элементарных функциях возможно путем замены $\Delta A'B'C'$ равносторонним треугольником $\Delta A''B''C''$, эквивалентным ему по тонкости и полноте отсева. При этом сторона a_3 эквивалентного треугольника находится по формуле

$$a_3 = \sqrt{3} a_T \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \frac{\rho_0 \sin \frac{\check{S}_0}{2\rho_0}}{2\rho_y \sin \frac{\check{S}_y}{2\rho_y}} \right).$$

В $\Delta A''B''C''$ $h_T = \frac{\sqrt{3}a_3}{2}$, поэтому зависимость (5) для нахождения v трансформируется в выражение:

$$v = \frac{\Delta p_\Phi}{\mu_m h_T} \left[\frac{x^3}{2\sqrt{3} a_3} - \frac{x^3}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{a_3}{4} - \frac{y^2}{a_3} \right) x \right]. \quad (8)$$

Используя (8) на основе выражения (7) после замены h_T на $\frac{\sqrt{3}a_3}{2}$ получена упрощенная зависимость для фракционного коэффициента отсева

$$\varphi_{\text{эф}} = 10 \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^2 - \frac{20\sqrt{3}}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^3 - 5 \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^4 + 4\sqrt{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{a_3} \right)^5. \quad (9)$$

Проверка адекватности зависимостей (7) и (9) показала хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных для большинства ТФМ рассматриваемого класса, у которых фильтровальные ячейки одинакового размера и по форме близки к равностороннему треугольнику.

Для ТФС оптимизированной структуры [5], как видно из представленного примера (рисунок 2), расхождение в результатах расчета фракционного коэффициента отсева по (7) и моделям, приведенным в [2], незначительно. Фильтровальная характеристика $\varphi(d)$ их удовлетворительно аппроксимируется зависимостью (9). Однако при расчете сеток с α менее 20° и более 40° предпочтение следует отдать сложной, реализуемой численно, модели [2], так как использование вместо нее формул (9) в области $d < 0,75\Delta$ дает заниженный на 4-12% результат. Для $d > 0,75\Delta$, определяемых по обеим моделям $\varphi_{\text{эф}}$ совпадают. Модель (7) для большинства ТФС оптимизированной структуры позволяет получить результаты, адекватные экспериментальным данным. По точности расчета $\varphi_{\text{эф}}$ она незначительно уступает сложной модели. Теоретические результаты, полученные по ней, отличаются от данных численного моделирования $\varphi_{\text{эф}}$ по рекомендациям [2] в широком диапазоне d не более чем на 10%.

Выводы:

– Предложены методы оценки геометрии и эффективности ТФС, по которым обоснована возможность использования для практических целей зависимостей, полученных на упрощенных моделях их поровой структуры. Искажение геометрии поровых структур тканых сеток при этом приводит к погрешности расчета тонкости отсева относительно результатов, полученных по более сложным моделям, не более чем на 5%. Погрешность определения фракционных коэффициентов отсева при упрощении модели сеток полотняного переплетения находится в диапазоне 4-12%.

– Предложенные математические модели фильтрования по функциям отклика «тонкость отсева» и «фракционный коэффициент отсева» позволяют дать комплексную оценку эффективности разных материалов по задерживающей способности. Установленная связь форм и параметров указанных функциональных характери-

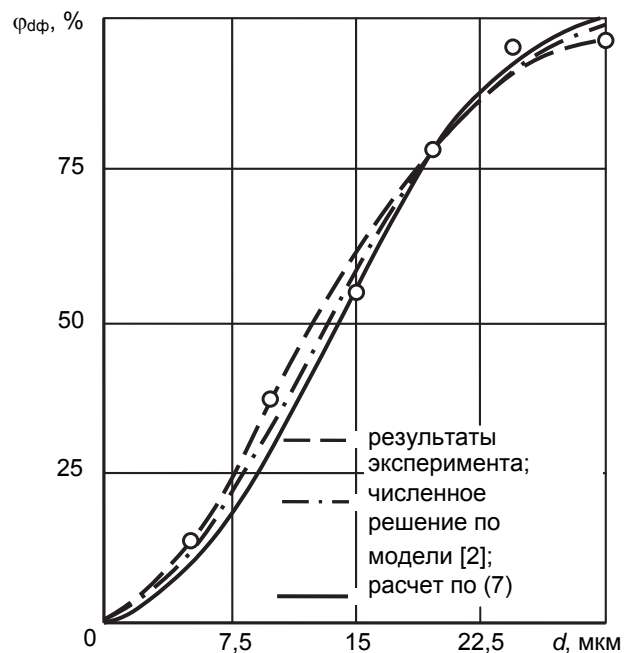


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента отсева от d для пор треугольной формы

стик со структурой ТФМ создает предпосылки для разработки методов расчета регенерирующей способности, грязеемкости и срока службы этих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кича, Г.П. Новые тканые материалы для саморегенерирующихся фильтров систем топливо- и маслоочистки судовых энергетических установок / Г.П. Кича, Г.Г. Галстян, В.В. Тарасов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№2. -С. 209-213.
- 2 Кича, Г.П. Идентификация разделительной способности тканых регенерируемых фильтровальных материалов нового поколения / Г.П. Кича, С.П. Бойко // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 175-181.
- 3 Кича, Г.П. Решение проблемы высокоэффективной очистки моторного масла в судовых дизелях: в 2 т.: дис. ... докт. техн. наук: 05.08.05 / Кича Геннадий Петрович. -Владивосток, 1992. -Т1, 512 с. -Т2, 358 с.
- 4 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011 -372 с.
- 5 Кича, Г.П. Оптимизация поровой структуры фильтровальных сеток для очистки горюче-смазочных материалов на судах / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Г.Г. Галстян // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2010. -№1. -С. 159-165.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *тканые фильтровальные сетки, фильтровальные материалы, саморегенерирующиеся фильтры, эффективность фильтров, геометрия полотняного переплетения, очистка топлив и масел*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Бойко Сергей Петрович, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Кича Геннадий Петрович, докт. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

КОНТРОЛЬ СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ РАБОТАЮЩИХ МАСЕЛ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ВИНТОРУЛЕВЫХ КОЛОНОК ТИПА «AZIPOD» – ЗАЛОГ БЕЗОПАСНОЙ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА

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

И.В. Соколова, А.В. Голенищев, М.Е. Старченко

MONITORING OF THE WORKED OIL PURITY AT THE «AZIPOD» PROPULSION LUBRICATION SYSTEM IS A GUARANTEE OF RESOURCES-ECONOMY SHIP OPERATION

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
I.V. Sokolova, A.V. Golenishchev, M.E. Starchenko

The data monitoring control purity lubricants vessels equipped with propellers brand «Azipod». Results based on the generalization of operational data that routine maintenance system does not meet the safety requirements. Recommendations for improving the technical operation of these devices.

Keywords: hydraulic fluid power, contamination level, optical microscope, coding the level of contamination

Приведены данные по мониторингу контроля степени чистоты смазочных масел судов, оснащенных двигателями марки «AZIPOD». Показано на основании обобщения эксплуатационных данных, что регламентная система обслуживания не соответствует требованиям безопасности. Даны рекомендации по совершенствованию технической эксплуатации этих устройств.

С 1990-х годов на морских судах отмечено интенсивное внедрение главных винторулевых колонок типа «Aquamaster», «Azipod» и др. [1]. Оснащение судов двигателями такого типа имеет ряд преимуществ, например, экономия пространства машинного отделения, снижение потребляемой мощности, экономия топлива, снижение уровня вибраций и др. Двигатели такого рода все чаще стали использоваться на судах прибрежного и арктического шельфа, что обеспечивает им особую маневренность.

Однако их эксплуатация имеет некоторые особенности, требует наличия определенных навыков при обслуживании, а так же предъявляет повышенные требования к показателям качества работающего масла (PM).

Как видно на рисунке 1 устройство «Azipod» имеет две изолированные системы смазочного масла. Одна предназначена для обеспечения смазки подшипника со стороны гребного винта (ГВ) (Propeller bearing lubrication system), вторая – для упорного подшипника, расположенного на противоположной стороне (Thrust bearing lubrication system). Свою систему смазки имеет поворотный подшипник, отвечающий за вращение всей колонки (Turning bearing lubrication system).

Системы смазки упорного подшипника и подшипника винта заполняются гидравлическим маслом с вязкостью около 220 сСт, измеренной при 40 °С, например:

Mobilgear 600 XP 220, Castrol Alpha SP 220. В системе смазки поворотного подшипника находится масло более высокой вязкости, например, Mobilgear 600 XP 320, Mobil Spartan EP 320.

Диагностика технического состояния гидравлического привода винторулевых колонок типа «Azipod» включает ряд мероприятий, в том числе, и контроль за состоянием масла. Мониторинг состояния масла состоит в определении содержания металлов в масле, являющихся признаками износа деталей, содержания воды, вязкости и класса чистоты РМ. Эти параметры необходимы для обеспечения безопасной и надежной работы устройств и является основным требованием производителя оборудования при эксплуатации [2].

Так, например, компания АВВ – производитель винторулевых колонок типа «Azipod» определяет пределы загрязнения масла в системах винтового и упорного подшипников по ISO 4406 кодом 17/15/12 [3]. Наличие железа в масле не должно превышать 150 ppm. Тенденция увеличения содержания железа, меди, хрома и цинка является предостерегающим признаком, свидетельствующим об износе подшипников. Содержание воды в маслах не должно превышать 200 ppm. Масло рекомендуется заменить, если отклонение значения вязкости превышает $\pm 15\%$ [2].

Ужесточение требований к качеству работающего масла системы «Azipod» привело к смене методов их исследования. Так определение воды в ppm-диапазоне не позволяет использование дистиллятного метода ловушкой Дина и Старка [4], который заменяется на метод кулонометрического титрования Карла Фишера [5]. Контроль за накоплением продуктов износа осуществляется с помощью спектрального анализа. Показатель «содержание механических примесей» заменяется на параметр «класс чистоты жидкости».

Методика оценки степени загрязненности смазочных масел по ГОСТ ИСО 4407:2006 [6] заключается в том, что известный объем рабочей жидкости (обычно 100 мл) фильтруют в вакууме через мембранный фильтр, с размером пор менее 1,5 мкм, для отделения загрязняющих веществ от жидкости. Частицы исследуют под микроскопом в падающем свете для определения размера, количества и распределения их по размерным диапазонам ≥ 4 мкм, ≥ 6 мкм, ≥ 14 мкм [5]. Далее производится процедура кодирования, описанная в [3].

В лаборатории химмотологии на базе МГУ им. адм. Г.И. Невельского с 2010 года проводится мониторинг смазочных масел из систем смазки «Azipod» судов «Polar Pevek», «Vitus Bering», «Sakhalin», «Aleksey Chirikov», имеющих по две винторулевые колонки. В программу испытаний включено определение всех параметров, согласно требованиям [2]. В данной работе представлены обобщение и анализ результатов контроля классов чистоты РМ винторулевых колонок типа «Azipod».

Обработка данных по трем судам «Polar Pevek», «Vitus Bering», «Aleksey Chirikov» (рисунки 2) показывает, что накопление продуктов загрязнения происходит с различной динамикой.

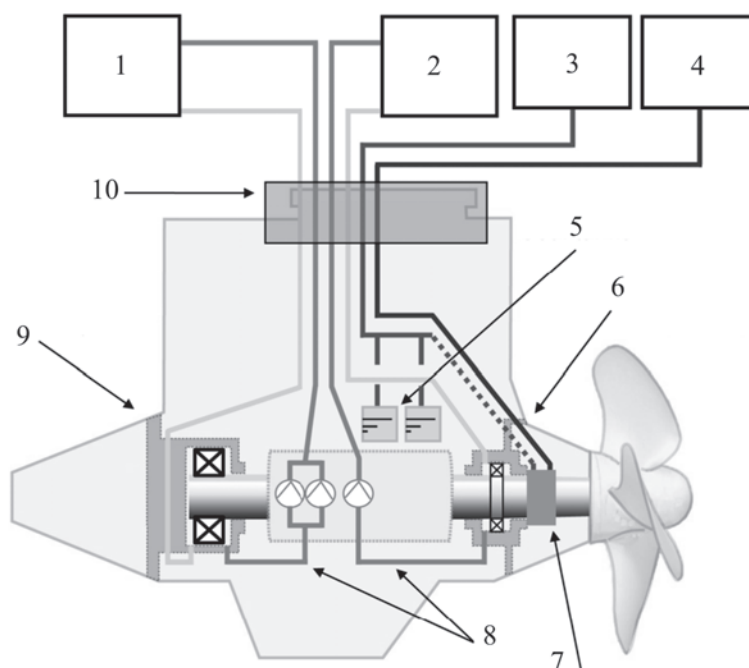


Рисунок 1 – Схема системы смазки винторулевой колонки типа «Azipod»: 1-блок контроля системы смазки упорного подшипника; 2-блок контроля системы смазки подшипника гребного винта; 3-блок контроля гравитационной системы уплотнений ГВ; 4-блок контроля воздуха в системе уплотнений ГВ; 5-гравитационные танки гидравлического масла уплотнений ГВ; 6-подшипник гребного винта; 7-уплотнения гребного винта; 8-поддоны циркуляционного масла подшипников ГВ; 9-упорный подшипник; 10-жидкостное уплотнение поворотного подшипника

На рисунке 2а видно, что количество частиц загрязнений размером от 4 мкм к 12000 ч работы масла не достигло браковочного уровня – 17. Число частиц загрязнений размером от 6 мкм к 12000 ч работы масла достигло своего предельного значения – 15, а количество частиц размером от 14 мкм превысило браковочный уровень – 12 уже к 8000 ч работы масла.

Нормативный срок службы масла в «Aziprod», установленный компанией производителем АВВ, является 12000 ч. По анализируемому судну один из параметров класса чистоты масла вышел за границы допустимого еще до достижения регламентного времени технического обслуживания, при котором осуществляют замену масла и масляных фильтров. Однако по другим однотипным судам достижение браковочного уровня по показателю класса чистоты происходит еще раньше.

На рисунке 2б и 2в видно, что число частиц загрязнений размером от 14 мкм достигло браковочного уровня – 12 уже после 5000 ч (рисунок 2б) и к 3000 ч (рисунок 2в) работы соответственно.

Получив информацию о достижении предельного уровня частиц самого большого диапазона, судовой персонал может провести мероприятия по очистке масла, проанализировать ситуацию и устранить причину ее возникновения.

Несмотря на то, что компания производитель определяет срок службы масла в 12000 ч, предельный уровень загрязнения масла достаточно часто, как показывает опыт эксплуатации этих устройств, наступает раньше. Это связано с индивидуальными особенностями механизма, временем, условиями и качеством эксплуатации, в том числе и человеческим фактором.

Стоимость винторулевых колонок составляет значительную часть стоимости судна, затратным является их обслуживание и ремонт. Контроль уровня загрязнения смазочного масла системы «Aziprod» является важным аспектом обеспечения ресурсосберегающей работы главных винторулевых колонок, который является ключевым узлом в системе безопасной эксплуатации судна. Контроль параметра «степень чистоты» смазочного масла позволяет отследить динамику накопления загрязнений от количества часов наработки масла, производить замены масла по фактическому состоянию масла и вовремя применять коррек-

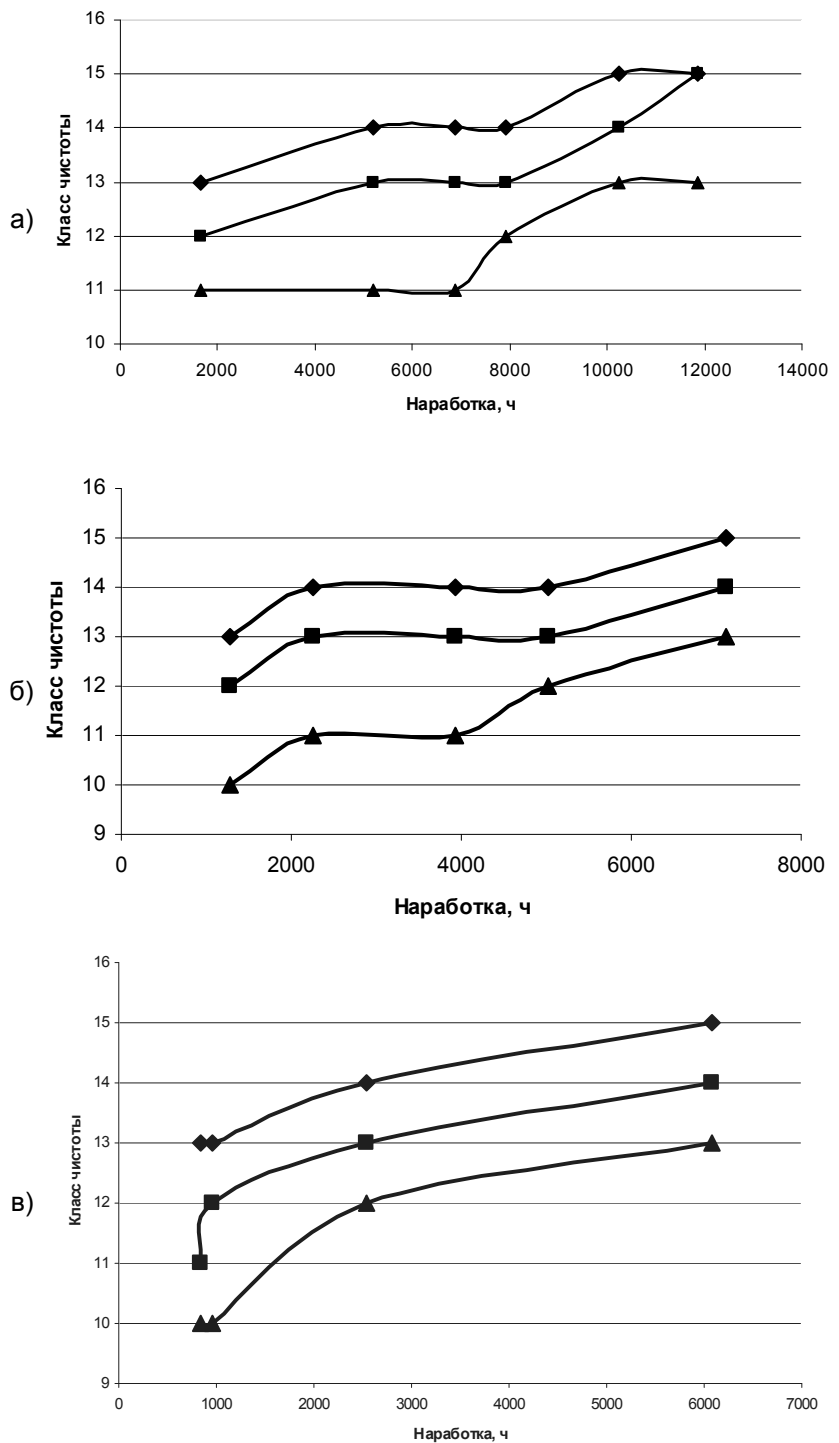


Рисунок 2 – Изменение класса чистоты MIBSV от наработки масла: а)- «Aleksey Chirikov»; б)-« Vitus Bering»; в)- «Polar Pevek»; ♦-4 мкм, ■-6 мкм, ▲-14 мкм

тирующие мероприятия и предупреждать возникновение аварийных ситуаций.

Выводы:

– Обобщение опыта эксплуатации винторулевых колонок типа «Azipod» судов снабженцев показало значительный разброс в уровне классов чистоты их РМ при одной и той же наработке механизма.

– Анализ мониторинга РМ винторулевых колонок типа «Azipod» позволяет заключить, что регламентная система технического обслуживания этих устройств не обеспечивает безопасной ресурсосберегающей эксплуатации пропульсивного комплекса судна. Для достижения высоких параметров надежности требуется регулярный (не реже раза в 3 месяца) мониторинг РМ. Техническое обслуживание следует проводить по фактическому состоянию РМ при достижении его показателями браковочных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бурков, А.Ф. Электроприводы судов торгового и рыбного флота: учеб. пособие / А.Ф. Бурков. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. -Ч.1. -194 с.
- 2 Standard document 3AFV6001116 ABB Oy Marine and Turbocharging. Maintenance Instruction Propeller and thrust bearing oil sampling instruction.
- 3 ISO 4406:1999 Hydraulic fluid power -Fluids -Method for coding the level of contamination by solid particles.
- 4 ГОСТ 2477-65 (СТ СЭВ 2382-80). Нефтепродукты. Метод определения содержания воды. -Введ. 01.01.1966. -М.: Изд-во стандартов, 1991. -47 с.
- 5 ISO 12937:2000 Petroleum products. Determination of water. Coulometric Karl Fisher titration method.
- 6 ГОСТ ИСО 4407 -2006. Чистота промышленная. Определение загрязнения жидкости методом счета частиц с помощью оптического микроскопа. -Введ: 2008-03-01. -М.: Стандартиформ, 2007. -14 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидравлические жидкости, уровень загрязнения, оптический микроскоп, кодирование классов чистоты

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Соколова Ирина Васильевна, канд. техн. наук, доцент ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Голенищев Андрей Владимирович, старший научный сотрудник ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Старченко Михаил Евгеньевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МЕТОДОМ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ

ООО «Мидель»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.С. Глушков, О.Б. Лебедев

ON THE DETERMINATION OF TORQUE SHIP POWER PLANTS BY STRAIN MEASUREMENT
Midship
Siberian state university of water transport
S.S. Glushkov, O.B. Lebedev

The shortcomings method of strain measurement, which lead to significant errors in the measurement of power and torque for propulsion plants river vessels.

Keywords: strain measurement, torque, error

Рассмотрены недостатки метода тензометрирования, которые приводят к существенным погрешностям измерений мощности и крутящего момента для движительных установок речных судов.

Специалистами службы главного инженера Обь-Иртышводпуть выполнены замеры крутящего момента главных двигателей 4190ZLCZ3-2R и 4190 ZLCZ3-2 на теплоход «РТ-428» проекта 911В с использованием оборудования компании Datum (Великобритания) и программного обеспечения Datum Power Kit Dual. По результатам испытаний оформлены протоколы замера крутящего момента. При замерах крутящего момента на судне выполнялась фотосъемка процесса крепления измерительной аппаратуры и процесса измерения, определено наличие пломб топливной аппаратуры главных двигателей на штатных местах установки и их соответствие пломбам завода-изготовителя, контролировалась и фиксировалась частота вращения коленчатых валов. Измерения крутящего момента выполнены после замены двигателей 6ЧНСП18/22 (мощностью 110 кВт при частоте вращения 750 об/мин) и реверс-редукторов с передаточным отношением 1,67:1 на двигатели 4190ZLCZ3-2R и

4190ZLCZ3-2 мощностью (165 кВт при 1000 об/мин), укомплектованные реверс-редукторными передачами серии 300 (передаточное отношение 2:1) производства ООО ТК «Ремдизель».

Известно, что по проекту в состав судовой энергетической установки правого борта входил валогенератор МСС82-4 мощностью 30кВт, что фактически отражает различия в частотах вращения двигателей левого и правого борта. При замене двигателей валогенератор демонтирован, во время измерения крутящего момента на штатном месте установки отсутствовал. Тензометрическая аппаратура закреплялась на гребных валах. Тензодатчики были наклеены на гребном вале (рисунок).



Рисунок 1 – Место установки тензодатчиков

Измерения мощности и крутящего момента главных судовых двигателей 4190ZLCZ3-2R (таблица 1, протокол №20132287) и 4190 ZLCZ3-2 (таблица 2, протокол №20132056) показали, что

максимально развитая частота вращения коленчатого вала главного двигателя левого борта составила 900 об/мин, коленчатого вала правого борта – 870 об/мин.

Таблица 1 – Измерение мощности и крутящего момента главного двигателя 4190ZLCZ3-2R

Двигатель, работающий по характеристике, % от номинального значения		Продолжительность, ч	Обороты двигателя, об./мин	Значение полученное на режиме	
Винтовой, крутящий момент	Нагрузочной, мощность			Н·м	кВт
	Холостой ход		500		
39	25	0,25	500	1340	60
63	50	0,25	570	1543	100
83	75	0,25	750	1730	132
100	100	1,00	900	1882	157
–	110	0,25	–	–	–
Задний ход		0,50	800	1700	142

Таблица 2 – Измерение мощности и крутящего момента главного двигателя 4190ZLCZ3-2

Двигатель, работающий по характеристике, % от номинального значения		Продолжительность, ч	Обороты двигателя, об./мин	Значение полученное на режиме	
Винтовой, крутящий момент	Нагрузочной, мощность			Н·м	кВт
	Холостой ход		500		
39	25	0,25	500	1343	64
63	50	0,25	570	1556	103
83	75	0,25	750	1740	139
100	100	1,0	900	1920	160
–	110	0,25	–	–	–
Задний ход		0,5	800	1720	145

Анализ протоколов измерения крутящего момента показал, что пересчитанная мощность не соответствует замеренному крутящему моменту, поэтому проведен повторный расчет мощности по измеренным значениям.

Расчет мощности P (кВт) выполнен по формуле вида, указанной в ГОСТ Р 53639-2009 (ИСО 3046-3:2006, ИСО 15550:2002) «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Прием-

ка. Методы испытаний» и ГОСТ 10448-80 «Двигатели судовые, тепловозные и промышленные. Приемка. Методы испытаний»

$$P = \frac{T_{ig} n_d}{9550}, \quad (1)$$

где T_{ig} – крутящий момент, Н·м;

n_d – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Произведем расчет мощности по формуле (1) в соответствии со значениями крутящего момента и режимов испытаний из протоколов №20132287 и №20132056.

В таблице 3 представлены сравнительный анализ значений мощности в соответствии с протоколом №20132287 и рассчитанные по формуле (1).

Таблица 3 – Сравнительный анализ значений мощности

Режим испытаний по протоколу №20132287 частота вращения, об/мин	Результаты измерений по протоколу		Пересчет по формуле (1)	Отклонение мощности по известному крутящему моменту Δ , кВт	Отклонение мощности по известному крутящему моменту, %
	Крутящий момент, Н·м	Мощность, кВт			
500	1343	64	70	-6*	-8,6*
570	1556	103	93	10	10,8
750	1740	139	137	2	1,5
900	1920	160	181	-21*	-11,6*
830 (задний ход)	1720	145	149	-4*	-2,7*

*-знак «-» означает, что мощность в протоколе измерений занижена относительно расчета по измеренному моменту с использованием формулы (1)

В таблице 4 представлены сравнительный анализ значений мощности в соответствии с протоколом №20132287 и рассчитанные по формуле (1).

Таблица 4 – Сравнительный анализ значений мощности

Режим испытаний по протоколу №20132056 частота вращения, об/мин	Результаты измерений по протоколу		Пересчет по формуле (1)	Отклонение мощности по известному крутящему моменту Δ , кВт	Отклонение мощности по известному крутящему моменту, %
	Крутящий момент, Н·м	Мощность, кВт			
500	1340	60	70	-10*	-14,3*
570	1543	100	92	8	8,7
750	1730	132	136	-4*	-2,9*
900	1882	157	177	-20*	-11,3*
800 (задний ход)	1700	142	142	0	0,0

*-знак «-» означает, что мощность в протоколе измерений занижена относительно расчета по измеренному моменту с использованием формулы (1)

Из таблиц 3 и 4 видно, что мощность, рассчитанная в протоколах измерения крутящего момента, как занижена, так и завышена на произвольную величину без какой-либо систематизации и общего множителя. Но следует отметить, что двигатель, имеющий мощность 165 кВт при номинальной частоте вращения коленчатого вала не может развить мощность 181 кВт и более при частоте вращения коленчатого вала 900 об/мин и уж тем более при фактически развитой частоте вращения 870 об/мин.

Вместе с тем известно, что с наработкой СЭУ коэффициент полезного действия гребных винтов не повышается, а понижается вследствие эксплуатационного износа, что приводит к понижению крутящего момента, потребляемого гребным винтом. Поэтому мощность, потребленная винтом при номинальной частоте вращения никоим образом не должна превышать 110 кВт.

Кроме того, при частоте вращения 800 об/мин в результате тензометрирования получен крутящий момент 1700 Н·м, что соответствует эффективной мощности 142 кВт. Общеизвестно, что момент, потребляемый гребным винтом при работе на задний ход не превышает 80% момента, потребляемого при работе на передний, что является свойством движителя.

Исходя из характеристик двигателя 6ЧНСП18/22 и реверс-ректора с передаточным отношением 1,67:1 буквально следует, что при работе по винтовой характеристике и частоте

вращения коленчатого вала 750 об/мин, что соответствует частоте вращения гребного вала 449 об/мин и частоте вращения коленчатого вала вновь устанавливаемых главных двигателей 898 об/мин, гребной винт потребляет 110 кВт. Не ясно, каким образом гребному винту при частоте вращения коленчатого вала 900 об/мин и тем более 870 об/мин (фактически развитые частоты вращения) вновь установленных на судне двигателей 4190ZLCZ3-2R и 4190ZLCZ3-2 номинальной мощностью 165 кВт при 1000 об/мин удалось принять мощность около 181 кВт, а двигателям развить мощность свыше 181 кВт, при эксплуатационных условиях:

- от главных двигателей производится отбор мощности на различные механизмы;
- топливная аппаратура штатная с заводскими настройками;
- замена гребных винтов не производилась, что подтверждается отличием в максимально развитых частотах вращения главного двигателя левого и правого борта;
- каким-то образом, ранее установленному двигателю мощностью 110 кВт удавалось развить номинальную частоту вращения.

Таким образом, результаты определения эффективной мощности главного двигателя в составе СЭУ и значения крутящего момента по результатам тензометрирования, в том числе с применением оборудования компании Datum (Великобритания) и программного обеспечения Datum Power Kit Dual, не приводят к удовлетворительному результату.

К основным недостаткам метода тензометрирования, которые приводят к неустранимым существенным погрешностям измерений мощности и крутящего момента для движительных установок речных судов следует отнести:

- Значения, непредсказуемо изменяющиеся при эксплуатации судна и не подлежащие численной оценке и прогнозированию: модуля упругости материала на поверхности вала с наработком в связи с усталостными повреждениями; механического КПД элементов валопровода с наработкой (упругих муфт, подшипников), значения которых отсутствуют в справочниках. Информация имеется только для новых деталей; КПД привода и устройств отбора мощности по мере наработки. Информация в справочниках только для новых деталей; КПД механизмов на долевых режимах.

- Факторы, обусловленные метрологическими особенностями метода тензометрирования: невозможность проверки метрологических характеристик оборудования; невозможность определения мощности, потребляемой устройствами отбора мощности (насосы, генераторы, валогенераторы, компрессоры и др.) и их приводами; невозможность определения моментной нагрузки на участке СДУ или СУ между выходным фланцем двигателя и сечением валопровода, где наклеены тензорезисторы; невозможность разделения сигналов от изгибных и крутильных нагрузок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тензометрирование, крутящий момент, погрешность
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Глушков Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, директор ООО «Мидель»
Лебедев Олег Борисович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, а/я 129, ООО «Мидель»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЁТА СРЕДНЕГО ИНДИКАТОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ШЕСТИТАКТНОГО РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДВС

ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»

А.Н. Соболенко, Ф.П. Макаров

FORMULA TO CALCULATE THE MEAN EFFECTIVE PRESSURE OF ENGINE SIX-STROKE ENGINE
Far Eastern state technical fisheries university
A.N. Sobolenko, F.P. Makarov

Derivation of a formula to calculate the mean effective pressure of the real operational cycle of six-stroke engine is given. It made on the base of operation balances in compression and expansion process.

Keywords: mean indicated pressure, operation, compression, expansion, six-stroke engine

Приведён вывод формулы для расчёта среднего индикаторного давления действительного рабочего цикла шеститактного двигателя на основании баланса работ процессах сжатия и расширения.

Рабочий цикл шеститактного двигателя состоит из следующих процессов (рисунок): a_0a_1 – впуск (1-й такт), a_1c_1 – первое сжатие (2-й такт), $c_1y_1z_1$ – первый подвод теплоты, $y_1z_1b_1$ – первый рабочий ход (3-й такт), a_2c_2 – повторное сжатие газов и воздуха (4-й такт), $c_2y_2z_2$ – второй подвод теплоты, y_2z_2b – второй рабочий ход (5-й такт), bfa_0 – выпуск газов из цилиндра (6-й такт) [1].

Среднее индикаторное давление p_i представляет собой условное, постоянное давление, при действии которого на поршень за время одного хода поршня совершается работа, равная индикаторной работе газов за цикл L_i .

Если работу за цикл L_i отнести к единице рабочего объема цилиндра, то получим среднее индикаторное давление. Среднее индикаторное давление представляет собой работу, приходящуюся на единицу рабочего объема цилиндра

$$P_i = \frac{L_i}{V_h}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где L_i – индикаторная работа расчётного цикла, кДж;
 V_h – рабочий объем цилиндра, м³.

Работа осуществляется в процессах, в которых происходит изменение объема. Полезная индикаторная работа цикла определяется как разность работ сжатия и расширения.

$$L_i = L_{y_1z_1} + L_{z_1b_1} - L_{a_1c_1} + L_{y_2z_2} + L_{z_2b} - L_{a_2c_2}, \quad (2)$$

где $L_{y_1z_1}, L_{z_1b_1}, L_{y_2z_2}, L_{z_2b}$ – работа расширения газов на участках $y_1z_1, z_1b_1, y_2z_2, z_2b$, соответственно;

$L_{a_1c_1}, L_{a_2c_2}$ – работа, затрачиваемая на сжатие газов на участках a_1c_1, a_2c_2 , соответственно.

Работа изобарного расширения на участках y_1z_1 и y_2z_2 определится по формулам

$$L_{y_1z_1} = p_{z_1} (V_{z_1} - V_{y_1}) = p_{z_1} (V_{z_1} - V_c);$$

$$L_{y_2z_2} = p_{z_2} (V_{z_2} - V_{y_2}) = p_{z_2} (V_{z_2} - V_c),$$

где p_{z_1}, p_{z_2} – давление газов на участках y_1z_1, y_2z_2 , соответственно;

$V_{z_1}, V_{z_2}, V_{y_1}, V_{y_2}$ – объем газов в точках z_1, z_2, y_1, y_2 , соответственно;

$$V_{y_1} = V_{y_2} = V_c.$$

Работа политропного расширения на участках z_1b_1 и z_2b и политропного сжатия на участках a_1c_1 и a_2c_2 определится по формулам

$$L_{z_1b_1} = \frac{(p_{z_1} V_{z_1} - p_{b_1} V_{b_1})}{n_{2_1} - 1} = \frac{(p_{z_1} V_{z_1} - p_{b_1} V_a)}{n_{2_1} - 1}; \quad L_{z_2b} = \frac{(p_{z_2} V_{z_2} - p_b V_b)}{n_{2_2} - 1} = \frac{(p_{z_2} V_{z_2} - p_b V_a)}{n_{2_2} - 1};$$

$$L_{a_1c_1} = \frac{(p_{c_1} V_{c_1} - p_{a_1} V_{a_1})}{n_{1_1} - 1} = \frac{(p_{c_1} V_c - p_{a_1} V_a)}{n_{1_1} - 1}; \quad L_{a_2c_2} = \frac{(p_{c_2} V_{c_2} - p_{a_2} V_{a_2})}{n_{1_2} - 1} = \frac{(p_{c_2} V_c - p_{a_2} V_a)}{n_{1_2} - 1},$$

где $p_{z_1}, p_{z_2}, p_{b_1}, p_b, p_{a_1}, p_{a_2}, p_{c_1}, p_{c_2}$ – давление газов в точках $z_1, z_2, b_1, b, a_1, a_2, c_1, c_2$, соответственно;

$V_{b_1}, V_b, V_{c_1}, V_{a_1}, V_{c_2}, V_{a_2}$ – объем газов в точках z_1, z_2, y_1, y_2 , соответственно., при этом

$$V_{a_1} = V_{b_1} = V_{a_2} = V_a; \quad V_{c_1} = V_{c_2} = V_{y_1} = V_{y_2} = V_c.$$

Подставим полученные выражения в формулу (2)

$$L_i = p_{z_1} (V_{z_1} - V_c) + \frac{(p_{z_1} V_{z_1} - p_{b_1} V_a)}{n_{2_1} - 1} + p_{z_2} (V_{z_2} - V_c) + \frac{(p_{z_2} V_{z_2} - p_b V_a)}{n_{2_2} - 1} - \frac{(p_{c_1} V_c - p_{a_1} V_a)}{n_{1_1} - 1} - \frac{(p_{c_2} V_c - p_{a_2} V_a)}{n_{1_2} - 1};$$

$$V_h = V_c (\varepsilon - 1).$$

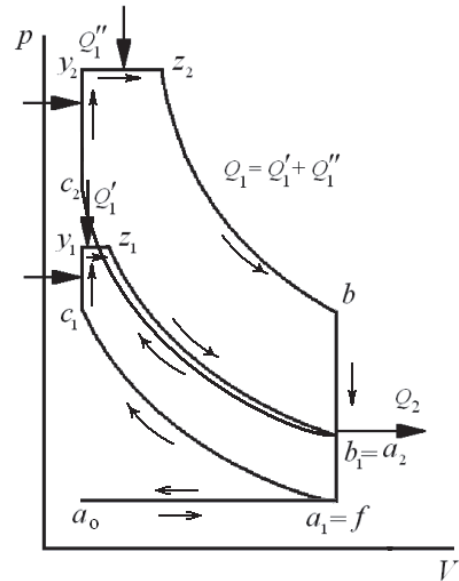


Рисунок – Расчётная индикаторная диаграмма шеститактного цикла

Подставляя полученное выражение в формулу (1), получим

$$p_i = \frac{p_{z_1}(V_{z_1} - V_c) + \frac{(p_{z_1}V_{z_1} - p_{b_1}V_a)}{n_{z_1} - 1} + p_{z_2}(V_{z_2} - V_c) + \frac{(p_{z_2}V_{z_2} - p_bV_a)}{n_{z_2} - 1} - \frac{(p_{c_1}V_c - p_{a_1}V_a)}{n_{h_1} - 1} - \frac{(p_{c_2}V_c - p_{a_2}V_a)}{n_{h_2} - 1}}{V_c(\varepsilon - 1)}.$$

Заменим ряд выражений уже известными следующими соотношениями [2]

$$p_{z_1} = \lambda_1 p_{c_1}; \rho_1 = \frac{V_{z_1}}{V_c}; p_{b_1} = \frac{p_{z_1}}{\delta_1^{n_{z_1}}} = \frac{\lambda_1 p_{c_1}}{\delta_1^{n_{z_1}}}; p_{a_1} = \frac{p_{c_1}}{\varepsilon^{n_{h_1}}}; \frac{V_{b_1}}{V_{c_1}} = \frac{V_{a_1}}{V_{c_1}} = \varepsilon; \varepsilon = \rho_1 \delta_1;$$

$$p_i = \frac{\left[\lambda_1 p_{c_1}(\rho_1 - 1) + \frac{(p_{c_1} \lambda_1 V_c \rho_1 - \frac{\lambda_1 p_{c_1}}{\delta_1^{n_{z_1}}} V_c \varepsilon)}{n_{z_1} - 1} - \frac{(p_{c_1} V_c - \frac{p_{c_1}}{n_{h_1}} V_c \varepsilon)}{n_{h_1} - 1} + \lambda_2 p_{c_2}(\rho_2 - 1) + \frac{(p_{c_2} \lambda_2 V_c \rho_2 - \frac{\lambda_2 p_{c_2}}{\delta_2^{n_{z_2}}} V_c \varepsilon)}{n_{z_2} - 1} - \frac{(p_{c_2} V_c - \frac{p_{c_2}}{\varepsilon^{n_{h_2}}} V_c \varepsilon)}{n_{h_2} - 1} \right]}{V_c(\varepsilon - 1)},$$

и вынося за скобки p_{c_1} и p_{c_2} , найдём выражение для среднего индикаторного давления расчётного цикла.

$$p'_i = \frac{p_{c_1}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda_1(\rho_1 - 1) + \frac{\lambda_1 \rho_1}{n_{z_1} - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta_1^{n_{z_1} - 1}} \right) - \frac{1}{n_{h_1} - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_{h_1} - 1}} \right) \right] + \frac{p_{c_2}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda_2(\rho_2 - 1) + \frac{\lambda_2 \rho_2}{n_{z_2} - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta_2^{n_{z_2} - 1}} \right) - \frac{1}{n_{h_2} - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_{h_2} - 1}} \right) \right]. \quad (3)$$

Среднее индикаторное давление действительного цикла меньше расчётного из-за скруглений индикаторной диаграммы на участках $сuz$ ab , а также вследствие отклонений действительных процессов сжатия и расширения от политропных. В связи с этим $p_i = p'_i \zeta$, где $\zeta = 0,95-0,97$ – коэффициент полноты индикаторной диаграммы.

Индикаторная мощность (N_i , кВт) шеститактного ДВС определится следующим образом. Индикаторная работа за цикл

$$L_i = V_h p_i, \text{ кДж},$$

где V_h – рабочий объём цилиндра, м^3 ;

p_i – среднее индикаторное давление, кПа.

Рабочий объём цилиндра

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S, \text{ м}^3,$$

где D – диаметр цилиндра, м;

S – ход поршня, м.

С учётом этого

$$L_i = \frac{\pi D^2}{4} S p_i.$$

Индикаторная мощность цилиндра,

$$N_{i_c} = \frac{L_i}{60} n z = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 60} S n z p_i, \text{ кВт},$$

где n – частота вращения двигателя, мин^{-1} ;

z – коэффициент тактности, $z = 1$ для двухтактных ДВС; $z = 0,5$ для четырёхтактных ДВС, $z = 2/3$ для шеститактных ДВС.

Для многоцилиндрового двигателя

$$N_i = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 60} S n z p_i \cdot i_c, \quad (4)$$

где i_c – число рабочих цилиндров.

Таким образом, полученное выражение с учётом коэффициента тактности $z = 2/3$ по-

звоняет определять мощность шеститактного ДВС.

В результате проведенного анализа получены следующие результаты:

- расчетная формула для определения среднего индикаторного давления расчетного шеститактного цикла;
- формула определения индикаторной мощности для двигателя, работающего по шеститактному циклу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Соболенко, А.Н. Термодинамический КПД обобщенного теоретического цикла шеститактного ДВС / А.Н. Соболенко // Вестник ТОГУ. -2015. -№1(36). -С. 141-149.

2 Ваншейдт, В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания / В.А. Ваншейдт. -Л.: Судпромгиз, 1950. -391 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *среднее индикаторное давление, работа, сжатие, расширение, шеститактный двигатель*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Соболенко Анатолий Николаевич, докт.техн.наук, профессор, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»*

Макаров Фёдор Петрович, курсант, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690087, г.Владивосток, ул.Луговая, 52Б, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ОТ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК

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

В.В. Тарасов, П.С. Иушин

**THE SIMULATION OF DURABILITY CHARACTERISTICS OF THE ELEMENTS OF CONSTRUCTION ACTIVE PROTECTION OF
THE SEA OIL AND GAS PLATFORM FROM ICE LOADING**

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
V.V. Tarasov, P.S. Iushin

Experimental research of study work the active protection of sea oil and gas platform from ice loading using the soft elastic pneumatic casings. It were obtained results of experimental research and calculation of base elements of construction under contact with ice field in conditions of Okhotsk sea. The recommendations for using the construction of active protection the sea platform are given.

Keywords: construction of ice protection, durability characteristics, ice loading, sea oil and gas platform

Исследовано устройство активной защиты морских нефтегазовых платформ от ледовых нагрузок с использованием мягких эластичных пневматических оболочек. Получены результаты расчёта модели основных элементов устройства при контакте с ледовым полем в условиях Охотского моря. Разработаны рекомендации по использованию средств активной защиты морских платформ.

Будущее отечественной нефтяной и газовой промышленности связано с освоением шельфа. Современные сооружения на морском шельфе – это конструкции, эксплуатирующиеся на глубинах, достигающих сотен метров, в тяжелых штормовых и ледовых условиях, в зонах с высокой сейсмической опасностью, тонкой и ранимой экологией.

Мировой опыт показывает, что решение задачи освоения месторождений на шельфе в научно-техническом плане на порядок сложнее и дороже, чем в условиях материка. Это качественно новая, огромная задача, требующая пересмотра ряда подходов к вопросам освоения месторождений, сформировавшихся к настоящему времени в нефтяной науке, технике и технологии. За последние десятилетия в мире разработан и промышленно применяется широкий набор технических средств для разработки месторождений на шельфе. К ним относятся наиболее сложные и дорогостоящие сооружения, такие как платформы для бурения скважин, добычи нефти и газа, сооружения для транспорта и хранения углеводородов. В ряде случаев возможно комплексное сочетание функций сооружений (платформа для бурения скважин, добычи и хранения нефти).

Так как большая часть шельфа России находится в районах замерзающих морей, то особое внимание необходимо уделить строительству ледостойких морских нефтегазовых платформ (ЛМНГП). Это увеличивает актуальность решения проблем связанных с воздействием ледовых полей, возникающих при этом нагрузок и их влиянием на гидросооружения.

В настоящее время предложено множество разнообразных технических решений позволяющих уменьшить ледовые нагрузки на морские нефтегазовые сооружения (МНГС). Чтобы лучше понимать угрозу от динамических ледовых полей необходимо рассмотреть па-

раметры ледового образования на шельфе, к примеру, Охотского моря, где сейчас активно производится добыча углеводородов по проектам «Сахалин 1» и «Сахалин 2».

В случае приложения ко льду нагрузки он начинает деформироваться, при этом, в зависимости от различных факторов, он ведет себя как упругое, пластическое или хрупкое тело, то есть деформируется упруго, пластически или хрупко разрушается.

Одним из основных характерных свойств льда по сравнению с другими телами, имеющую кристаллическую структуру, являются его отчетливо выраженные пластические свойства. Под воздействием нагрузки лед может изменить свою форму без изменения объема, как бы течет. Поэтому пластические деформации льда иногда сравнивают с течением очень вязкой жидкости.

Область проявления чисто упругих свойств настолько мала, что ее практически не удается выделить. Обычно при любой величине напряжения наряду с упругими деформациями наблюдаются пластические деформации. Упругие деформации происходят в момент приложения нагрузки, а непосредственно за упругими начинаются пластические деформации.

Общая деформация обычно состоит из двух частей: упругой, то есть обратимой деформации, и пластической – остаточной. По данным [1], уже в течение первых пяти минут действия силы, величины пластической деформации льда превышают упругую деформацию.

Механические свойства льда, то есть способность льда сопротивляться воздействию внешних сил, значительно изменяются в зависимости от температуры. Чем ближе температура льда к точке его плавления, тем сильнее проявляются его пластические свойства, и уменьшается прочность.

Для льда с ориентированным направлением кристаллов при сжатии в направлении, перпендикулярном к направлению оптических осей кристаллов, скорость деформации несколько больше, а предел прочности – меньше, чем при сжатии в направлении осей кристаллов.

Если напряжение в изгибаемом образце льда превысит некоторый предел, то вслед за стадией установившейся скорости деформации наступает стадия ускоряющейся деформации, заканчивающаяся разрушением образца.

Хрупкое разрушение льда наблюдается при увеличении напряжения до предела прочности, и в ряде случаев при действии динамических нагрузок. При определении деформации ледяного покрова, его можно рассматривать как пластину бесконечных размеров. Подобное допущение вполне реально и позволяет пренебречь влияниями краевых условий. Предполагается, что действующие на значительном расстоянии от нагрузки внутренние усилия стремятся к нулю.

При выводе дифференциального уравнения изогнутой поверхности упругой плиты постулируется, что материал ее изотропен. Ледяной же покров не является изотропным материалом и применение к нему подобного решения будет оправдано только в том случае, если требуемые для расчета физико-механические характеристики будут даны в виде среднеинтегральных значений для ледяного покрова в целом.

Другими словами, для упрощения задачи мы будем использована модель с абстрагированным изотропным ледяным покровом, основные свойства которого соответствуют среднеинтегральным значениям характеристик действительного ледяного покрова.

Всякое изменение напряженного состояния льда сопровождается переходом некоторого количества воды из одного агрегатного состояния в другое на границе раздела [2].

При моделировании пренебрегаем влиянием перемещения нижней границы ледяного покрова на его несущую способность. Указанное перемещение нижней границы обусловленного фазовым переходом льда в воду под действием нагрузки.

Принимаем, что физико-механические свойства ледяного покрова однородны в горизонтальных направлениях.

Сопротивление льда излому определяется путем изгиба образцов льда или части ледяного покрова. Наиболее вероятными очагами разрушения являются разрывы в растянутой зоне и, соответственно, начало разрушения определяется достижением предельных растягивающих напряжений.

Величина предела прочности льда при изгибе обычно определяется как максимальное растягивающее напряжение в изгибаемом образце перед его разрушением, вычисляемое на основании формул для линейно-упругого тела [2-4].

При таком подходе определяемая величина максимального напряжения оказывается больше фактического напряжения в испытываемом образце, так как во время испытаний

льда на изгиб нагрузка доводится до величин, при которых происходит разрушение. В этом случае перед разрушением в образце имеют место пластические деформации, при которых распределение напряжений при изгибе изменяется. Таким образом, определяемый предел прочности является условной величиной, несколько большей по сравнению с фактическим максимальным напряжением при изгибе.

Проведение рядом исследователей многочисленных опытов по определению значения предела прочности льда при различном силовом воздействии указывает на сложную зависимость его от целого ряда факторов.

Из них главнейшими являются [5]: температура образца; ориентировка давления относительно оптической оси кристаллов; структура образца и наличие пузырьков воздуха; расположение образца по толщине льдины; скорость нагружения образца; размеры образца; тщательность обработки образца.

Следует отметить, что величина предела прочности льда в значительной степени зависит от внешних условий деформирования, размеров испытываемых образцов и скорости приложения нагрузки (или скорости деформирования), на что большинство исследователей мало обращало внимания.

Рассмотренные особенности физических свойств ледяного покрова акваторий нефтегазовых месторождений обуславливают пространственную изменчивость его прочности.

Наиболее устойчивой в статистическом смысле характеристикой льда является его прочность на изгиб S_f . Результаты испытания консольных балок на плаву в Охотском море, полученные в период экспедиции на ледоколе «Ермак» в 1982 году, представлены ниже в таблице.

По этим данным прочность ледяного покрова на изгиб в течение зимы изменялась незначительно и не превышала 0,5 МПа при скорости деформации $>10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Среднее значение S_f по данным всех испытаний составило 0,34 МПа, а прочность льда на сжатие вдоль одной оси в этот же период были равными 1,03 МПа. В этом случае отношение изгибной прочности льда к его прочности на одноосное сжатие равно 0,33 [6].

Таблица – Прочность дрейфующего льда на изгиб по данным испытания консольных балок на плаву

№ льдины	Температура, ОС		Физические свойства		Размеры балок			Прочность, льда на изгиб, МПа
	Воздух	Лёд	Солёность, %	Плотность, г/см ³	L, м	b, м	h, м	
1	-6,0	-4,0	5,27	0,863	3,00	0,90	0,44	0,40
2	-16,0	-5,2	4,06	0,901	3,03	0,90	0,47	0,42
3	-15,8	-5,4	6,10	0,893	3,01	0,94	0,39	0,33
4	-13,8	-5,3	6,71	0,910	3,40	0,95	0,66	0,32
5	-4,4	-3,7	6,24	0,905	3,45	0,96	0,62	0,32
6	-2,7	-3,3	6,63	0,925	3,34	0,92	0,64	0,27
7	-4,3	-3,5	6,71	0,925	2,85	0,92	0,5	0,27
8	-5,4	-3,5	6,40	0,912	3,75	0,93	0,64	0,32
9	-1,0	-4,1	7,59	0,912	4,00	0,92	0,71	0,28

На основе приведённой выше информации были проведены расчёты модели основных элементов конструкции устройства активной защиты от ледовых нагрузок МНГС.

Данный способ активной защиты МНГС от воздействия нагрузок движущегося ледового поля и устройства его реализующие были разработаны авторами на кафедре «Технологии и эксплуатации нефтегазового оборудования» Морского Государственного Университета им. адм. Г.И. Невельского при участии сотрудников кафедры «Теории и устройства судна» Морского университета с учетом рекомендаций специалистов кафедры «Гидротехники, теории зданий и уникальных сооружений» Инженерной школы Дальневосточного Федерального Университета [7, 8]. В настоящее время по данным техническим предложениям оформляются заявки на изобретения и полезные модели, поэтому основные детали устройства в данной статье не указаны.

Данный расчёт основных прочностных характеристик устройства был выполнен в САПР, программный комплекс Solid Works, для сокращения времени на проектирование. Расчетные зависимости базируются на системе линейных уравнений в статической постановке задачи, а так же предполагаемые изотропные свойства материала, из которого выполнена модель. В расчетах принимается, что поведение материала является линейным, согласно за-

кону Гука, вычисленные нагрузки и смещения являются достаточно небольшими, что не учитывает изменения жёсткости в результате воздействия нагрузки, а так же нагрузки прикладываются медленно, чтобы не учитывать динамические эффекты в условиях реальной эксплуатации модели. Основными элементами конструкции является барабан с модулями, непосредственно разрушающий ледовое поле, и диски, предварительно уменьшающие размерные и прочностные характеристики движущегося на МНГС ледового поля. Расчёту подвергались следующие основные элементы: барабан с модулями, непосредственно разрушающий лёд и диски, установленные впереди конструкции, предварительно создающие прорези, по ходу движения льда.

Расчет проводился в модуле Cosmos Simulation из программного комплекса Solid Works. Исходя из особенностей прочностных характеристик льда, на примере Охотского моря, были получены величины нагрузок, испытываемых конструкцией, результаты этих воздействий показаны ниже на рисунках 1-4.

На рисунке 1 представлена эпюра напряжений в модели барабана с модулями. К модели приложены нагрузки, возникающие при разрушении движущегося ледового поля. Максимальные значения достигают величины в $47,268 \text{ МН/м}^2$, что намного меньше предела текучести материала из которого предполагается в дальнейшем изготовление устройства, для эксперимента в условиях близким к реальным.

Расчетные перемещения в модели показаны на рисунок 2. Максимальное изменение геометрии барабана не превысит $0,47 \text{ мм}$ при длительном сроке эксплуатации.

Аналогичные расчёты были произведены и для дисков. К модели дисков были приложены нагрузки, возникающие при пропиливании движущегося ледового поля. Эпюра распределения напряжений в модели дисковой пилы приведена на рисунке 3. Максимальные напряжения возникают в районе центрального отверстия дисковой пилы. Их величина не превышает $4,5 \text{ МПа}$. Можно сделать вывод, что выбранные размеры элементов, разрушающих лед, имеют достаточный коэффициент запаса прочности. Величины смещений не превышают максимальное значение в $0,0337 \text{ мм}$, при назначенных размерах.

Моделирование воздействия ледового поля на основные конструктивные элементы устройства активной защиты от ледовых нагрузок позволило определить их оптимальные габаритные параметры. В дальнейшем планируется изготовление экспериментальной модели, для исследований в условиях близких к реальным.

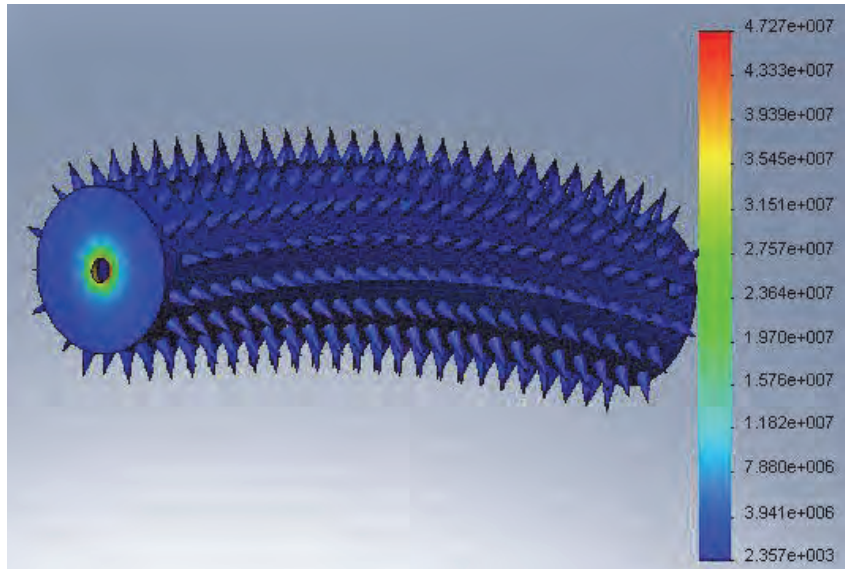


Рисунок 1 – Эпюра напряжений барабана при разрушении динамического ледового поля

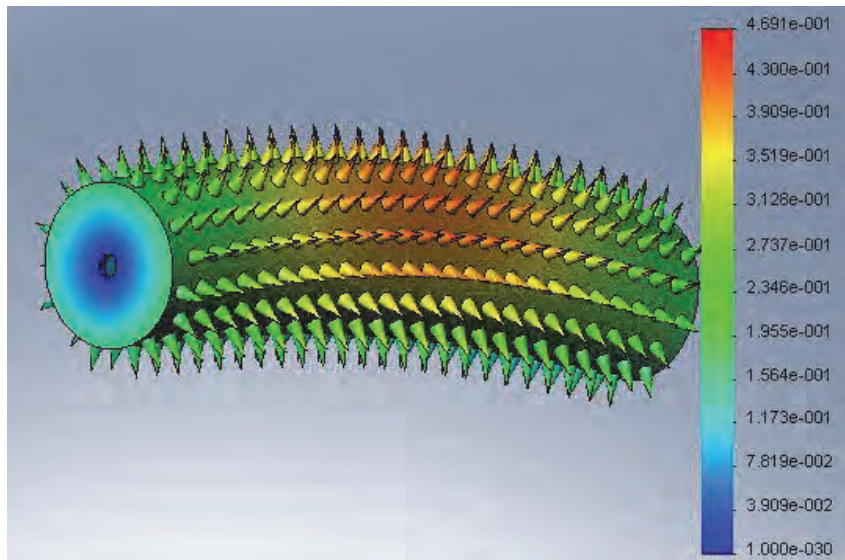


Рисунок 2 – Эпюра статических перемещений в барабане с шипами при разрушении динамического ледового поля

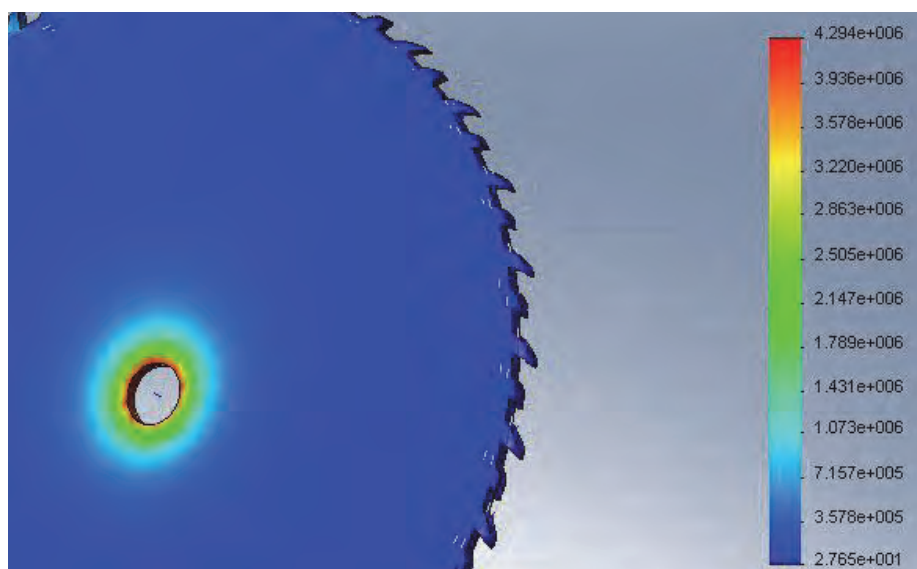


Рисунок 3 – Эпюра напряжений пилы при подпиливании движущегося ледового поля

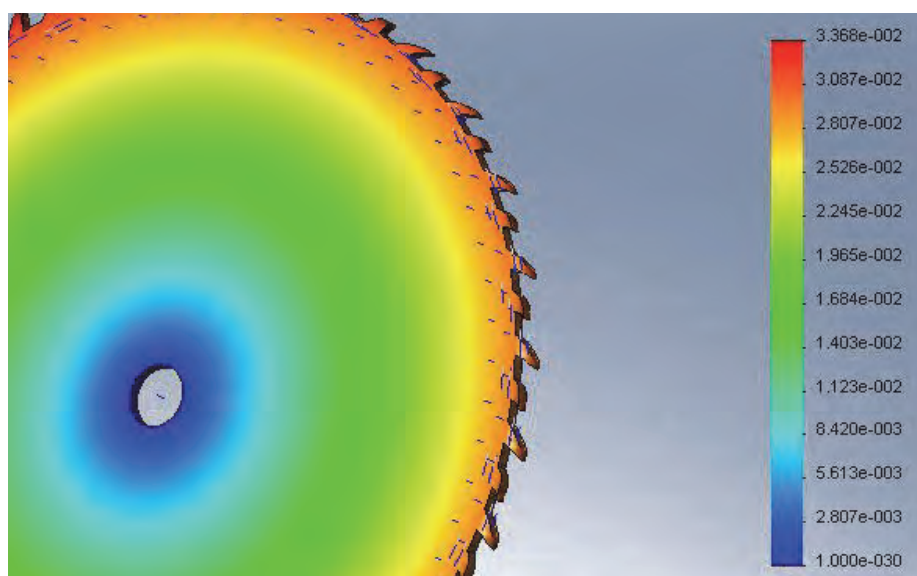


Рисунок 4 – Эпюра статических перемещений в пиле при пропиливании движущегося ледового поля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Войтковский, К.Ф. Механические свойства льда / К.Ф. Войтковский. -М.: Изд-во АН СССР, 1960. -564 с.
- 2 Бутягин, И.П. О прочности ледяного покрова при изгибе / И.П. Бутягин // Тр. ТЭИ ЗСФАН. -Новосибирск, 1955. -Вып. V.
- 3 Бутягин, И.П. Прочность ледяного покрова в ледовых нагрузках на гидросооружения / И.П. Бутягин // Тр. ТЭИ СО АН СССР. -Новосибирск, 1961. -Вып. XI.
- 4 Панфилов, Д.Ф. Экспериментальные исследования грузоподъемности льда / Д.Ф. Панфилов // Известия ВНИИГ. -1960. -Т.64.
- 5 Коржавин, К.Н. Исследование механических свойств речного льда / К.Н. Коржавин. -Новосибирск: НИВИТ, 1940.
- 6 Режим доступа: <http://www.sakhgu.ru/expert/Geography/2001/A1/Index.html>.
- 7 Тарасов, В.В. Устройство для разрушения льда в системе активной защиты морских ледостойких платформ / В.В. Тарасов // Сб. научн. тр. по мат-ам межд. научн.-практ. конф. Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2012: Транспорт. -Т. 1. -Одесса: Черноморье, 2012. -С. 63-66.
- 8 Тарасов, В.В. Примеры активной ледовой защиты морских нефтегазовых сооружений и новые разработки с использованием мягких надувных оболочек для разрушения льда / В.В. Тарасов, П.С. Иушин // Научн. тр. Дальрыбвтуза. -Владивосток, 2013. -Т. 28. -С. 55-69.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устройство активной защиты, прочностные характеристики, ледовые нагрузки, морская нефтегазовая платформа

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Тарасов Валерий Васильевич, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
Иушин Павел Сергеевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

DEVELOPMENT OF METHODS FOR MEASURING THE TEMPERATURE COEFFICIENT OF VOLUME EXPANSION OIL
Siberian research institute of metrology
G.V. Shuvalov

The article discusses the development of a method of measurement of the temperature coefficient of volume expansion of oil for metrological maintenance of measuring their quantitative account.

Keywords: oil products, factor of volume expansion, measurement

Рассмотрены вопросы разработки метода измерения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов для метрологического обеспечения измерения их количественного учета.

При определении массы нефтепродуктов необходимо знать плотность и объем измеряемого нефтепродукта при заданной температуре, которая вычисляется по формуле

$$m = \rho V, \quad (1)$$

где m – масса;
 ρ – плотность;
 V – объём.

В ГОСТ Р 8.595-2004 для определения массы нефтепродуктов косвенным методом измерений допускается приводить плотность к условиям измерений объема (температуре при которых измеряется объём), при этом основой перерасчетов является температурный коэффициент объемного расширения (ТКОР). Кроме того, значительная часть нефтедобычи в России приходится на Сибирский регион с температурой в зимнее время минус (50-60) °С. В этих условиях точных методов для определения плотности при таких температурах в настоящее время не существует, а процедуры пересчета плотности нефтепродукта с температуры 20 °С на температуру, при которой измеряется фактический объем нефтепродукта не всегда возможен из-за ограничений таблиц пересчета ГОСТ 3900-85 (нижняя температура минус 25 °С).

Таким образом, определение фактического значения ТКОР нефтепродуктов в условиях низких температур является весьма актуальным [1].

Рассмотрим кратко основные методы определения температурного коэффициента объемного расширения жидкости.

Дюлонг и Пти предложили метод определения коэффициента объемного расширения жидкости, основанный на законе равновесия разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах.

Как известно, высоты двух разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах обратно пропорциональны плотностям этих жидкостей, то есть

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \quad (2)$$

где h_1, ρ_1 – высота столба и плотность жидкости в левом колене;
 h_2, ρ_2 – высота столба и плотность жидкости в правом колене.

Если в сосуд U-образной формы налить жидкость и поддерживать различную температуру в правом и левом коленах, то плотность жидкости в обоих коленах будет неодинакова, так как она зависит от температуры

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta t}, \quad (3)$$

где ρ_0, ρ – плотность жидкости при 0 °С и при температуре t , °С,
 β – коэффициент объемного расширения жидкости.

Учитывая соотношения (2) и (3), можно записать:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_0}{1 + \beta t_2} : \frac{\rho_0}{1 + \beta t_1}, \quad (4)$$

откуда найдем

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 t_1 - h_1 t_2} = \frac{\Delta h}{h_2 t_1 - h_1 t_2}. \quad (5)$$

Прибор Дюлонга и Пти (рисунок 1) представляет собой U-образную трубку, заполненную испытываемой жидкостью.

Кроме того, измерить температурный коэффициент объемного расширения жидкости можно с помощью емкости, снабженной узкой цилиндрической трубкой (рисунок 2). При нагревании емкости регистрируют высоту поднятия уровня жидкости в трубке.

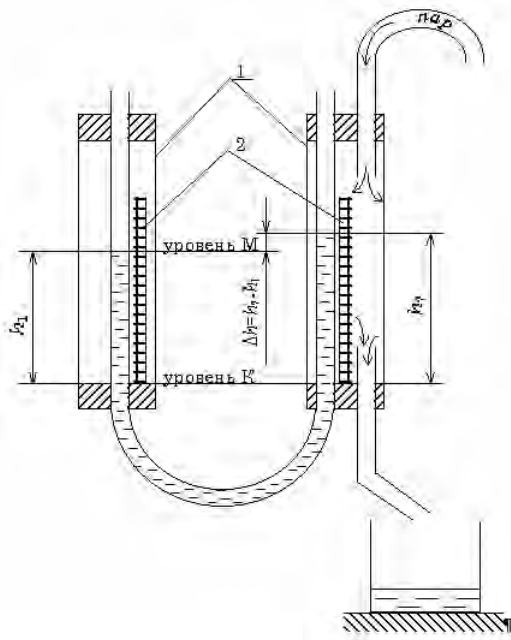


Рисунок 1 – Прибор Дюлонга и Пти

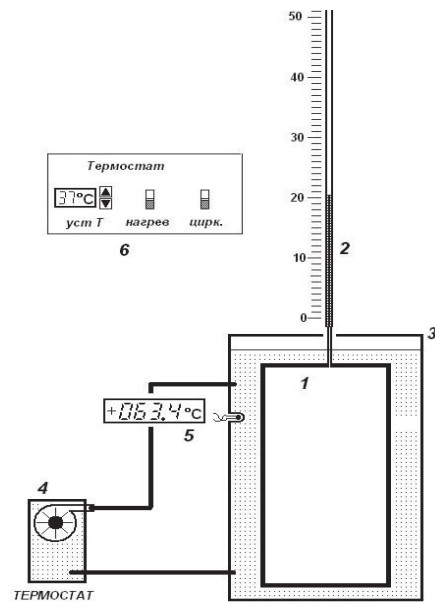


Рисунок 2 – Измерение ТКОВ жидкости

Рассмотренные методы не учитывают ТКОВ стекла, погрешности, связанные с другими факторами: теплоотдача в воздух, сила поверхностного натяжения, неравномерное распределение температуры и другие.

Для решения этой задачи в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии был разработан метод измерения температурного коэффициента объемного расширения, которые позволят определять его при отрицательных температурах вплоть до минус 60 °С. В основу измерений положен метод измерения объемного расширения с помощью емкостного низкотемпературного dilatометра. Конструкция такого dilatометра показана на рисунке 3.

Электрическая емкость dilatометра состоит из воздушной ёмкости C_0 и ёмкости участка линии C_{1, ℓ_x} , заполненной жидкостью.

Используя общеизвестное выражение электрической ёмкости для коаксиальной линии

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon \ell}{\ln(D/d)}, \quad \text{Ф/м}. \quad (6)$$

Найдём суммарную ёмкость dilatометра

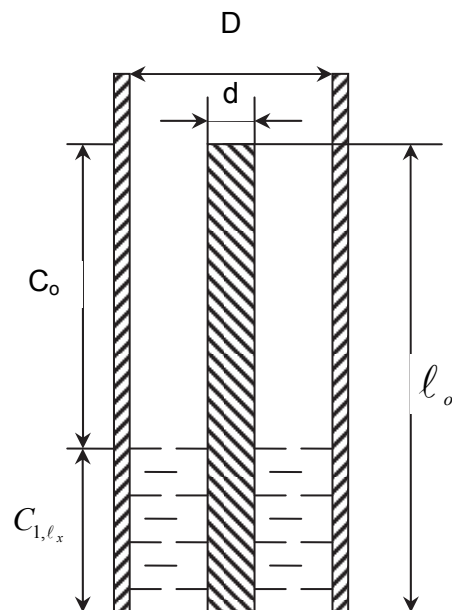


Рисунок 3 – Конструкция dilatометра

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_0 = \left[\ell_x \varepsilon + (\ell_0 - \ell_x) \varepsilon_0 \right] \frac{2\pi}{\ln(D/d)}, \quad (7)$$

При изменении температуры нефтепродукта $\Delta T = T_2 - T_1$, увеличивается заполнение коаксиальной линии жидкостью, то есть изменяется её уровень от ℓ_{xT_1} до ℓ_{xT_2} , а поскольку диэлектрическая проницаемость жидкости больше, чем у воздуха, то общая ёмкость линии увеличивается. Её изменение ΔC можно представить в следующем виде

$$\Delta C = C_{T_2} - C_{T_1} = \left[\ell_{xT_2} \left(\frac{\varepsilon_{T_2}}{\varepsilon_0} - 1 \right) - \ell_{xT_1} \left(\frac{\varepsilon_{T_1}}{\varepsilon_0} - 1 \right) \right] \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/d)}. \quad (8)$$

Полагая в первом приближении, что диэлектрическая проницаемость жидкости ε_T пренебрежимо мало изменяется в малом интервале изменения температуры, то выражение (8) упростится до вида

$$\Delta C = \Delta \ell_x \left(\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_0} - 1 \right) \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/d)}, \quad (9)$$

откуда находим искомый подъём уровня $\Delta \ell_x$ и связанный с ним объём ΔV вытесненной жидкости

$$\Delta \ell_x = \frac{\Delta C}{\left(\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_0} - 1 \right) \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/d)}}; \quad (10)$$

$$\Delta V = \Delta \ell_x S = \frac{\Delta C}{\left(\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_0} - 1 \right) \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/d)}} \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (11)$$

где S – площадь поперечного сечения линии, заполняемой жидкостью.

Из приведенных выражений видно, какие параметры необходимо знать для определения β .

Таким образом, были получены расчетные соотношения для косвенного измерения объёма вытесненной жидкости через изменение электрической ёмкости и геометрические постоянные dilatометра, а также определены условия термокомпенсации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шувалов, Г.В. Образцовые средства измерений коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, О.А. Ясырова // Датчики и системы. -2012. -№6. -С. 27-29.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтепродукты, коэффициент объемного расширения, измерения
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ БЕЗРАЗБОРНОГО РЕМОНТА ТЕХНИКИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.И. Шелудяков

THE PRACTICAL ASPECTS OF THE THEORY OF RESTORATION AND REPAIR TECHNIQUES
 Siberian state university of water transport
 O.I. Sheludyakov

The article analyses the different effects of repair-and-renewal preparations.

Keywords: different effects, repair and renewal preparations, technics

Проанализированы различные эффекты применения ремонтно-восстановительных препаратов.

Производители различной техники в силу экономических причин стараются привязать пользователей этой техники к собственному сервису. Длительный гарантийный срок обращивается для пользователя дорогостоящим плановым техническим обслуживанием в гарантийных мастерских официального дилера.

Самостоятельный ремонт современной техники дорого обходится пользователю: необ-

ходимо закупить запасные части, цены на которые официальный дилер держит завышенными, необходимо закупить специальный инструмент и приспособления также у официального дилера по высокой цене, поскольку больше таких изделий никто не производит. Часто самостоятельный ремонт дороже ремонта в мастерских дилера.

Идея безразборного ремонта родилась в авиации, когда разобрали изношенный подшипник шасси самолета. Износилась медная втулка, но на стальном валу шасси обнаружился слой меди, который был хорошо сцеплен со сталью. Смазкой для шасси служила спирто-глицериновая смесь. Так родилась теоретическая наука трибология, от которой отпочковалась практическая наука триботехника. К настоящему времени изучены многие как смазочные, так и конструкционные материалы в контексте безразборного восстановления деталей (безразборного ремонта). Идея безразборного ремонта оказалась заманчивой. Тем более что препаратов для такого ремонта имеется множество. Инструкция к каждому препарату обещает восстановить механизм или агрегат практически до нового состояния.

Исследователи [1, 2] изучили практический опыт применения различных препаратов безразборного ремонта и сделали ценные выводы. Необходимо лишь привести эти выводы в систему.

На рисунке представлена классификация ремонтно-восстановительных препаратов (РВП).

Маслорастворимые РВП отсутствуют в свободной продаже, но они входят в состав всех моторных масел в виде противоизносных и противозадирных присадок. Это комплексные соли цветных металлов – меди, олова, цинка, серебра и других металлов. Эти присадки начинают действовать при температуре поверхностей трения не ниже 150 °С. Такая температура может быть лишь у головного подшипника и поршневых колец. Подшипники коленчатого вала и другие узлы трения имеют меньшую температуру и не подвержены влиянию этих присадок. Эти присадки предотвращают задир поверхностей трения, если происходит непосредственный контакт между телами трения с нагревом свыше 150 °С.

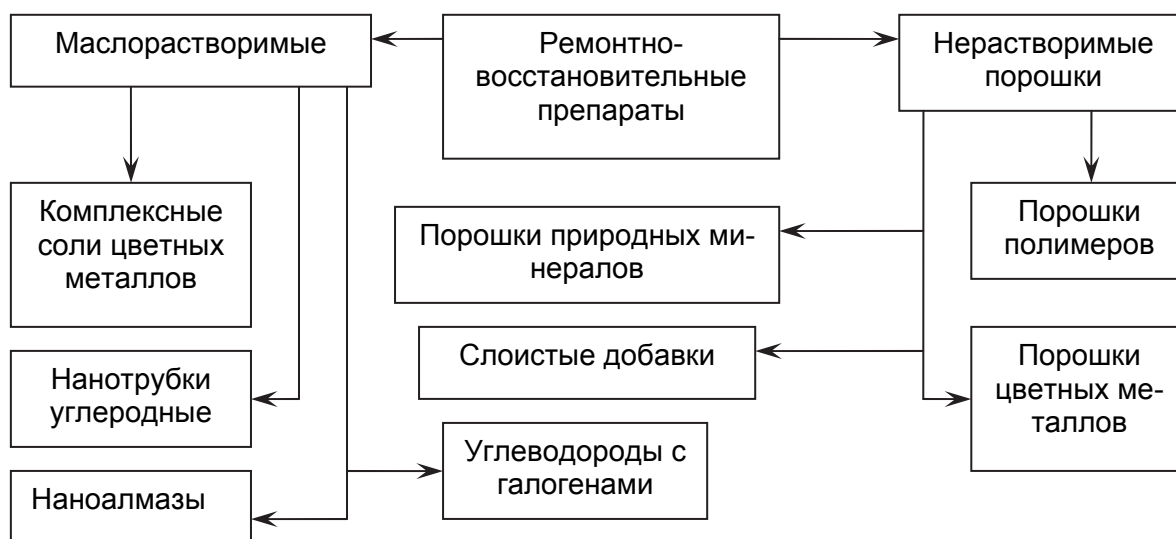


Рисунок – Классификация ремонтно-восстановительных препаратов

Маслорастворимые РВП снижают износ поршней и поршневых колец. Могут привести к коррозии деталей в присутствии влаги – при попадании охлаждающей жидкости в систему смазки двигателя. Хотя эти РВП являются самыми безвредными добавками для моторного масла, их повышенное содержание увеличивает зольность масла. При этом возникает опасность абразивного износа деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ).

Ультрадисперсные порошки цветных металлов широко присутствуют в свободной продаже. Их действие аналогично маслорастворимым РВП. Но нерастворимость в моторном масле иногда вызывает их выпадение в осадок в различных отделах смазочной системы двигателя, в том числе и в каналах коленчатого вала. Также при обводнении моторного масла порошки РВП могут вызывать коррозию.

Порошковые РВП снижают износ поршней и поршневых колец, могут ускорить износ других узлов трения двигателя из-за возможного масляного «голодания», вызванного сужением масляных каналов. РВП этого типа можно применять в меру изношенных двигателях

при их высокой загруженности, например, в такси. Главное – не дать смазочному маслу отстояться.

Наноразмерные частицы могут предотвращать износ деталей. Для этого они должны быть очень прочными и обладать либо шарообразной, либо сигарообразной (цилиндрической) формой. Этому критерию соответствуют новые формы углерода – фуллерен (молекула C_{60}) и его производные, в том числе наноалмазы, которые являются неабразивным материалом. Эти крупные молекулы препятствуют контакту трущихся деталей. В продаже есть присадки к моторному маслу, содержащие наночастицы.

Нанопрепараты снижают износ всех пар трения. Они действуют как шариковые сепараторы поверхностей трения. Они свободно проходят через фильтр и не откладываются в масляных каналах. Нанопрепараты представляют опасность лишь для здоровья человека при попадании в организм. Химически эти препараты инертны и могут быть добавлены в любое моторное масло. Действие нанопрепаратов отдаленно напоминает действия загустителя – при повышении температуры молекулы загустителя активизируются, и вязкость масла падает в меньшей степени. Но молекулы загустителя это высокомолекулярные, разветвленные молекулы, которые способны объединяться при повышении температуры. Нанопрепараты же не обладают такими свойствами.

Порошки полимеров – тефлон – при нагреве создают скользкую пленку на всех нагретых поверхностях двигателя. То есть не только в узлах трения, но и на внутренней поверхности двигателя и в масляных каналах. Сужение масляных каналов ведет к «голоданию» узлов трения и их повышенному износу.

В настоящее время РВП этого типа исчезают из продажи – выгорание тефлона в цилиндре двигателя ведет к образованию твердого нагара и к выбросам очень вредных продуктов сгорания.

Порошки природных минералов (геомодификаторы) – начинают разлагаться при температуре от 200-300 °С. При этом поверхности трения насыщаются керамикой, становятся тверже, их шероховатость уменьшается, частично восстанавливается исходный размер деталей. Но при низкой температуре эти РВП ведут себя как абразив.

Применять эти РВП следует с осторожностью. Препараты оседают в масляных каналах. Применение препаратов повышает коррозионную активность пакета присадок.

Слоистые добавки – порошки дисульфида молибдена, вольфрама, соединения фосфора распадаются в узлах трения на тонкие пластинки и предотвращают износ поверхностей трения. В условиях высокой температуры разлагаются с образованием абразивов. Слоистые РВП также маскируют загрязнение моторного масла. В теплонапряженных моторах могут вызывать износ деталей ЦПГ. В масляных каналах данные РВП также могут откладываться.

Галогеносодержащие углеводороды – кондиционеры поверхностей – разрушаются в зоне непосредственного контакта поверхностей от нагрева, наиболее эффективны при температуре поверхностей трения от 200 °С, атомы галогенов связываются с металлом поверхности и образуют твердую гладкую пленку, способную самовосстанавливаться. Эти препараты добавлены в некоторые моторные масла в составе пакета присадок.

Кондиционеры поверхностей снижают износ ЦПГ, могут привести к коррозии подшипников коленчатого вала при попадании в масло воды или топлива.

Общий вывод по применению РВП: присадки для ЦПГ антагонистичны присадкам для кривошипно-ползунного механизма и вспомогательных агрегатов (зубчатые и цепные передачи ГРМ, кулачки распределительных валов и т.д.).

Необходима диагностика двигателя и назначение РВП в соответствии с изношенными деталями. Перед применением РВП необходимо устранить течь топлива и охлаждающей жидкости в картер двигателя. По необходимости осуществить раскоксовку поршневых колец безразборным методом.

Большинство препаратов восстанавливают детали ЦПГ, поэтому после обработки двигателя РВП (с изношенными подшипниками коленчатого вала и поршневой группой) можно заменить вкладыши коленчатого вала, сменить масло на минеральное с минимальным количеством присадок для приработки новых вкладышей. Дальнейшую эксплуатацию двигателя желательно осуществлять на высококачественном моторном масле, имеющем в своем составе, как правило, маслорастворимые РВП и (или) кондиционеры поверхности.

Многие РВП состоят из нескольких составляющих. Например, слоистые добавки могут соседствовать с нанотрубками и геомодификаторами.

Практически нет препаратов, восстанавливающих сталеалюминиевые вкладыши коленчатого вала.

Некоторые автомобильные моторы иностранных фирм имеют алюминиевый моноблок. Такие моторы крайне не рекомендуется обрабатывать РВП.

Рекомендуется при обработке двигателя РВП в виде порошков применять масляный фильтр с более крупными ячейками фильтроэлемента или вообще применять фильтр-обманку (только на период обработки) [2].

Автор [2] уверен, что применение РВП в трансмиссиях не влечет отрицательных явлений. В зубчатом зацеплении при перегрузке имеет место местное повышение температуры стальных упрочненных поверхностей, что является катализатором действия большинства РВП.

Крайне скудная информация о составе моторных масел различных производителей свидетельствует о нежелании производителей ГСМ раскрывать состав пакетов присадок, что, видимо, является коммерческой тайной. Спектральный анализ моторного масла дает представление о типах РВП, имеющих в масле.

Зарубежные моторные масла имеют в своем составе небольшое количество противоизносных присадок, потому что эти присадки при сгорании части моторного масла в цилиндрах двигателя приводят в негодность катализатор (нейтрализатор) отработавших газов.

Отечественные производители моторных масел больше озабочены сохранением ресурса двигателя, поэтому содержание противоизносных присадок в моторных маслах отечественных производителей повышенное.

Противоизносные присадки антагонистичны моющим присадкам. Этот баланс должен сохраняться. Иначе масло будет вызывать либо повышенный износ мотора, либо усиление отложений.

Вывод: восстановить с помощью РВП без опасности для других деталей двигателя, можно лишь детали ЦПГ, при этом обязательна безразборная диагностика двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ломухин, В.Б. Основы современной эксплуатации двигателей / В.Б. Ломухин. -Новосибирск: Наука, 2004. -188 с.
- 2 Балабанов, В.И. Все о присадках и добавках для автомобилиста / В.И. Балабанов. -М.: Эксмо, 2008. -240 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффект применения, ремонтно-восстановительные препараты, техника
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шелудяков Олег Игоревич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ИЗДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.И. Шелудяков

COSTS OF TECHNICAL PROGRESS

Siberian state university of water transport
O.I. Sheludyakov

The analysis of the carburetor and injector cars.

Keywords: the true about automobiles of carburetors and injectors

Приведен анализ карбюраторных и инжекторных автомобилей.

Запрет на производство карбюраторных автомобилей призван улучшить экологическую ситуацию во всем мире. Или производство инжекторных машин выгоднее автопроизводителю с его сервисными центрами.

Проанализируем режимы работы бензинового двигателя в карбюраторном и инжекторном исполнении.

Режим холостого хода инжекторной машины характеризуется обедненной топливовоздушной смесью. На режиме холостого хода расход топлива определяется, прежде всего, скоростью вращения коленчатого вала и потребителями электроэнергии. Карбюраторный двигатель имеет более богатую регулировку холостого хода. Это связано с неравномерностью распределения смеси по цилиндрам. Но инжекторный автомобиль имеет больше по-

требителей электроэнергии – добавляются топливный насос и электронный блок управления двигателем. Мощность генератора инжекторной модели выше, чем у ее карбюраторного аналога наполовину. То есть однозначно нельзя сказать, что инжекторный двигатель на холостом ходу экономичнее карбюраторного.

Стационарный режим частичной нагрузки характеризуется также обедненными смесями, как в карбюраторном, так и в инжекторном двигателе. В этом режиме также нельзя сказать однозначно о сравнительной экономичности карбюраторной и инжекторной машины. При наличии каталитического нейтрализатора (Евро 4) в инжекторе готовится стехиометрическая смесь, что снижает КПД двигателя [1].

Переходный режим карбюратора всегда сопровождается обогащением смеси для предотвращения провалов при работе двигателя. Переходные режимы инжекторной машины также сопровождаются обогащением смеси [1].

Стационарный режим полной нагрузки в карбюраторной и инжекторной машине характеризуется обогащенной смесью для полной отдачи двигателя. Инжекторная машина более экономична, потому что площадь сечения дроссельной заслонки больше и двигателю не надо затрачивать лишнюю мощность на всасывание воздуха через малый просвет заслонки. Дроссельные заслонки карбюратора подбираются исходя из минимально необходимой скорости течения воздуха для удовлетворительного распыления бензина. Однозначно, на режиме полной мощности инжекторный мотор экономичнее.

Режим наката характеризуется движением автомобиля по инерции. При этом двигатель работает в режиме холостого хода. Карбюраторный вариант двигателя в режиме наката по экономичности ничем не отличается от режима стояночного холостого хода. А режим наката инжекторного двигателя характерен повышенной скоростью вращения коленчатого вала. Датчик скорости автомобиля отслеживает скорость и дает команду электронному блоку управления на повышение скорости вращения. Это сделано для удобства включения передачи [2]. Итак, режим наката более экономичен у карбюраторных машин.

Режим принудительного холостого хода – торможение двигателем. Как карбюраторная, так и инжекторная машина имеют примерно одни и те же пределы отключения топливopодачи 2100-1000 об/мин, но у инжекторных машин отключение топливopодачи разрешается лишь при достижении заданной минимальной скорости 20-30 км/ч (датчик скорости), а на карбюраторных машинах этого нет. Итак, режим принудительного холостого хода экономичнее у карбюраторных машин.

Для улучшения смесеобразования карбюраторный двигатель имеет подогрев воздуха перед карбюратором. Инжекторный двигатель такого подогрева не имеет, что снижает его термический КПД. Поэтому при эксплуатации в мороз от -20 °С и ниже инжекторный двигатель может иметь экономичность хуже карбюраторного при движении по загородной трассе (под капот попадает много холодного воздуха).

При изменении атмосферного давления, температуры и влажности воздуха электроника инжекторного двигателя оптимизирует топливовоздушную смесь. Для карбюраторного двигателя существуют высотные корректоры и электронные системы управления качеством смеси (лямбда-зонды и актюаторы)

В режиме прогрева электроника инжекторного двигателя держит оптимальные обороты коленчатого вала, исключая перерасход топлива. Для карбюраторов налажен выпуск аналогичных устройств (различные системы автоматического регулирования воздушной заслонки).

Таким образом, лучшая экономичность инжекторных машин ничем не обоснована.

По старым стандартам СТП 37.052.027-81 расход топлива определяли в трех циклах: городской цикл, загородный цикл 90 км/ч и загородный цикл 120 км/ч. Расходы топлива измерялись на тестовых автомобилях, которые делали заезды на полигонах. Машинами управляли водители-испытатели.

Новые стандарты исключают полигон. Автомобиль испытывается по «смешанному» циклу (NEDC). Автомобиль устанавливается в бокс, его ведущие колеса становятся на ролики. На систему регулировки подачи топлива устанавливается автоматика. Особенности испытаний:

- отсутствует набегающий поток воздуха;
- отсутствует вес водителя;
- все электроприборы (включая усилитель руля) отключены или находятся в бездействии;

– ведомые колеса неподвижны (трение в подшипниках и шинах исключено);
– городской цикл характеризуется плавными разгонами от нуля до 40 км/час за 25 с, что далеко от реальности.

Кроме того, при испытаниях могут быть применены незапрещенные меры:

- обдув решетки радиатора отдельным стационарным вентилятором;
- применение повышенного давления в шинах;
- применение «лысых» узких покрышек;
- применение моторного масла пониженной вязкости;
- применение трансмиссионного масла пониженной вязкости;
- применение хорошо обкатанных коробок передач.

Эти мероприятия позволяют еще более снизить «паспортный» расход топлива, который можно заявить в рекламе автомобиля.

Теперь о безопасности. Бензопровод инжекторного автомобиля находится под давлением три атмосферы на всем своем протяжении от бензобака до двигателя. При этом давление в бензопроводе падает не сразу и только после выключения зажигания (а не остановки двигателя). Бензопровод карбюраторного двигателя всасывающий (под вакуумом). Не трудно догадаться, что произойдет при повреждении бензопровода в случае ДТП. Последние модели инжекторных машин имеют датчик удара, который отключает зажигание при ударе. Этот датчик может срабатывать на крупной кочке. Чтобы двигатель завелся, надо отыскать этот датчик и включить его. Не каждый водитель знает про такой датчик.

Карбюраторная система способна осушить бензобак «до капли». Электробензонасос инжекторной машины может сгореть при остатке бензина в баке 5-7 л. Дело в том, что бензонасос при работе нагревается и его охлаждение осуществляется бензином [3].

Инжекторная машина тяжелее своего карбюраторного аналога на 20-70 кг. При этом емкость бензобака снижена на 3-5 л, так как в бензобаке размещен электробензонасос.

Выводы: экономичность инжекторных машин ничем не обоснована. Ухудшение условий эксплуатации сильнее отражается на инжекторных моторах. Стоимость профилактики и ремонта инжекторных моторов существенно выше, чем карбюраторных. Методы испытаний эксплуатационных показателей автотранспорта далеки от реальности – маркетинг все более вмешивается в повышение надежности, ремонтпригодности и долговечности современной техники.

Автопроизводитель преследует цели:

- монополизировать ремонт и техническое обслуживание,
- сделать невыгодным эксплуатацию автомобиля по окончании срока гарантии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Режим доступа: http://amastercar.ru/articles/injection_fuel_10.shtml.

2 Режим доступа: <http://www.luksavtoservis.ru/ds.html>.

3 Устройство, диагностика, обслуживание и ремонт: Москвич-2141, Святогор с двигателями 1,6; 1,7; 2,0i. Иллюстрированное руководство. -М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2008. -216 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: особенности работы систем питания карбюраторных и инжекторных двигателей

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шелудяков Олег Игоревич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТОПЛИВ И МАСЕЛ НА БАЗЕ МОБИЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

INSRUMENTAL BASE OF OPERATIONAL CONTROL OF FUELS AND OILS ASSED ON MOBILE LABORATORIES

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

In article discusses the creation of instrumentation to determine the parameters of marine fuels and lubricants.

Keywords: ship fuel-lubricants, tool control

Рассмотрены вопросы создания инструментальной базы для определения параметров судовых горюче-смазочных материалов.

Качество топливо-смазочных материалов (ТСМ), поступающих на суда речного флота, часто отличается от стандартного, в основном из-за нарушения условий транспортировки и хранения. Это может приводить к отказу судовых дизелей.

По данным проверок Росстандарта, проведенных в 2015 г. 21% топлива, реализуемого на рынке, не соответствует установленным требованиям по физико-химическим свойствам. Наиболее частые отклонения по параметрам топлива: несоответствие по массовой доле серы (666 случаев из 3 тысяч), температуре вспышки в закрытом тигле (198 случаев из 3 тысяч).

Кроме этого, на судах речного флота в последнее время все чаще используются водотопливные эмульсии, которые готовят непосредственно на судне, поэтому качество их приготовления требует постоянного контроля. В этой связи возникает необходимость постоянного контроля качества ТСМ на судах при их хранении и использовании.

Для продления срока эксплуатации судовых дизелей и сокращения время внеплановых простоев из-за ухудшения свойств работающего масла необходима смена масла.

Одним из методов, позволяющих устанавливать срок смены смазочных масел, является периодический анализ пробы масла и определение его фактического состояния, то есть диагностика масла.

Методы диагностирования можно условно разделить на две группы: диагностирование по физико-химическим показателям качества смазочного масла и диагностирование по параметрам примесей (частиц износа, воды и др.) в работающем масле.

Первая группа испытаний позволяет определить срок замены масла, а вторая получить информацию о техническом состоянии тех деталей, которые определяют ресурс судового дизеля.

В «Правилах технической эксплуатации судовых дизелей», утвержденных Приказом Госкомрыболовства РФ от 05.05.1999 г. №107, приведены показатели предельного состояния моторных масел и методы их определения.

Таблица 1 – Показатели предельного состояния моторных масел и методы их определения.

Наименование показателя по ГОСТ 17479.1-85	Предельное значение	Метод определения	
		в теплотехнических лабораториях	в судовых условиях
Вязкость кинематическая, при 100 °С	±20% от вязкости свежего масла при его разбавлении топливом; ±30% от вязкости свежего масла при отсутствии в нем топлива	ГОСТ 33-82 ГОСТ 6258-85 (для сильнозагрязненных масел)	СКЛАМТ с дополнением к 924/18-06-013, 1977 г., 924/66-06-702, 1985 г.
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	170	ГОСТ 4333-48	СКЛАМТ
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	1,0-15,0	ГОСТ 11362-76	СКЛАМТ, дополнение к СКЛАМТ 924/18-06-013, 1977 г.
Массовая доля нерастворимого осадка, %	1,0-4,0	ГОСТ 20684-75	СКЛАМТ (капельная проба)
Массовая доля воды, %	Для дизелей с многослойными тонкостенными вкладышами – 0,3; для всех остальных дизелей – 0,5	ГОСТ 2477-65	СКЛАМТ Методическое пособие 2042-06-006, 1979 г.
Диспергирующая способность (капельная проба)	0,3 усл. ед.	Методическое пособие, 2042-06-005, 1979 г.	Дополнение к СКЛАМТ 924/66-06-702, 1985 г.

В [1] для выявления наиболее значимых показателей качества моторного масла был проведен анализ 135 литературных источников, в которых представлены результаты исследования изменения 33 физико-химических показателей моторного масла в процессе его работы. В ходе ранжирования всех 33 показателей были выбраны 10 наиболее значимых показателей, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Ранжирование по 10 показателям, наиболее часто применяющимся для анализа старения моторного масла

Номер по порядку	Название показателя качества моторного масла	Количество литературных источников	Весовой коэффициент
1	Загрязненность механическими примесями	24	0,242
2	Вязкость	15	0,152
3	Диэлектрическая проницаемость	10	0,101
4	Щелочное число	9	0,091
5	Моюще-диспергирующе-стабилизирующие свойства	8	0,081
6	Содержание воды	8	0,081
7	Кислотное число	7	0,071
8	Плотность	7	0,071
9	Оптическая плотность	6	0,061
10	Температура вспышки	5	0,051
	Всего	99	1

По результатам ранжирования факторов, определяющих работоспособность моторного масла, следует, что с учетом весовых коэффициентов наиболее значимыми являются: загрязненность, вязкость, диэлектрическая проницаемость.

Мониторинг состояния топлив и масел можно проводить на двух уровнях: контроль в стационарной специализированной лаборатории и экспресс-контроль на месте. В первом случае определяют показатели качества с большой точностью стандартными лабораторными методами, а во втором – минимальный набор быстроопределяемых показателей экспресс-методами.

Для решения задач оперативного контроля качества нефтепродуктов на судах речного флота в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии разработан вариант комплектной лаборатории анализа нефтепродуктов «КЛАН-1» модификации «С» [2].

В состав лаборатории входит комплект измерительных приборов (анализаторов), приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень приборов для измерения параметров судовых топлив

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерения	Пределы допускаемой погрешности	Марка анализатора
1 Измерение содержания воды, %	0,01-2,0	±10%	СИМ-4
2 Измерение температуры вспышки, °С (дизтопливо и масла)	20-300	±5 °С	СИМ-5
3 Измерение содержания серы в нефтепродуктах, %	0,01-2,00	±10%	СИМ-6
4 Диапазон измерения кинематической вязкости, мм ² /с	3,69-9,78	±1,2%	СИМ-8
5 Измерение содержания механических примесей, %	0,002- 0,11	±10%	СИМ-12

Дополнительно к данным приборам для анализа ферромагнитных примесей в нефтепродуктах можно рекомендовать использовать измеритель магнитной восприимчивости ИМВ.

Измеритель предназначен для измерения магнитной восприимчивости веществ, материалов и других объектов в различных агрегатных состояниях, а также для определения других параметров объектов, функционально связанных с их магнитными свойствами (остаточная намагниченность, чистота материалов от ферромагнитных примесей, качество готовой продукции и др.). Прибор работает по принципу первичного магнитомеханического и промежуточного емкостного преобразования сигнала. В качестве первичного преобразователя ис-



Рисунок – Измеритель ИМВ

пользуется миниатюрный астазированный магнит-индикатор, подвешенный совместно с подвижным электродом дифференциального конденсатора на упругих растяжках. Конструкция измерителя магнитной восприимчивости ИМВ приведена на рисунке.

Таким образом, в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии разработан вариант комплектной лаборатории анализа нефтепродуктов «КЛАН-1» модификации «С» для диагностики судовых ТСМ путем расширения возможностей базовой комплектной лаборатории анализа нефтепродуктов типа «КЛАН-1».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Долгова, Л.А. Методика определения показателей качества моторного масла на основе теории подобия [Электронный ресурс] / Л.А. Долгова, В.В. Салмин // Современные научные исследования и инновации. -2015. -№2. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/48863>.

2 Шувалов, Г.В. Разработка приборов для определения физико-химических параметров трансформаторного масла / Г.В. Шувалов, А.В. Бондарев // Мат-лы междуна. науч.-техн. конф. «Электроэнергетика, электротехнические системы и комплексы», посв. 100-летию электротехнического образования Сибири. -Новосибирск, 2003. -С. 211-214.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: судовые топливо-смазочные материалы, инструментальный контроль
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ КАПЕЛЬНОГО И ТОНКО ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРЕНИЯ ВОДО-ТОПЛИВНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ЕГО РЕГЕНЕРАЦИИ

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

В.В. Тарасов, П.В. Кулямов

THE DEFINITION OF PARAMETERS OF WORK-STUDY OF REGENERATION INSTALLATION FOR REMOVAL WATER FRACTION FROM WORKED-OUT ENGINE IN SHIP CONDITIONS
 Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
 V.V. Tarasov, P.V. Kulyamov

The forming conditions of the evaporation of drops and thinness film of oil and water fraction from the worked out engine oil under work-study of regeneration of ships motor oil RUMS 1, under its testing in conditions, which imitate exploitation of seagoing ship was showed and the results of the experimental test of installation on simultaneously removal the water-oil fractions from the broken motor oil are presented.

Keywords: evaporation of water-oil fraction, regeneration of the worked-out oils, installation for regeneration of ships broken oil

Показано формирование условий капельного и тонко-пленочного испарения водо-топливных фракций из отработанного моторного масла в установке по регенерации судовых моторных масел РУМС-1, при ее испытаниях в условиях, имитирующих эксплуатацию морского судна. Представлены экспериментальные результаты испытаний установки по одновременному удалению водо-топливных фракций из отработанного моторного масла.

На морском транспорте целесообразно использовать для судовых условий малогабаритные и мобильные установки, а для береговых предприятий - многофункциональные передвижные и стационарные регенерационные установки, реализующие единую концепцию сбора и переработки отработанных моторных масел (ОСМ) [1].

В процессе эксплуатации механизмов, двигателей, транспортировании и хранении смазочных масел происходит их загрязнение топливом, водой и хладагентами [2]. В судовых условиях эксплуатации в результате загрязнения смазочных масел жидкими загрязнителями бракуется от 50 до 70% масел [2]. Для удаления основных жидких загрязнителей – водо-топливных фракций (ВТФ) применяется процесс тонко-пленочного испарения отработанных моторных масел (ОММ) [3].

Для реализации процесса тонкопленочного испарения многокомпонентных жидкостей (гетерогенных), обусловленного его большой эффективностью для их разделения, применяются тонкопленочные испарители (ТПИ), осуществляющие названный процесс.

Пленочные испарители различаются по способу создания пленки, а также по направлению движения паровой и жидкой фаз. Испарители с естественным формированием пленочного течения делятся на аппараты со стекающей и восходящей пленкой. Аппараты со стекающей пленкой, в свою очередь, делятся на прямоточные и противоточные в зависимости

от направления относительного движения пара и жидкости. Аппараты с восходящей пленкой работают при прямоточном (снизу вверх) движении пара и жидкости. Пленочные испарители с падающей пленкой выполняются в виде теплообменников.

Аппараты с искусственным формированием пленочного течения подразделяются на роторные пленочные испарители (РПИ) и испарители с применением форсунки, распыливающей жидкость в форме факела тангенциально или перпендикулярно направленного на внутреннюю поверхность неподвижного циклонного испарителя. В свою очередь, роторные пленочные испарители можно разделить на две основные группы. К первой относятся испарители, в которых процесс происходит в тонком слое жидкости, создаваемом вращающимся ротором на внутренней поверхности неподвижного корпуса. Ко второй группе относятся испарители, в которых пленочное течение организуется за счет вращения корпуса и процесс испарения происходит в тонком слое движущейся жидкости по внутренней поверхности принудительно вращающихся конусов, цилиндров, спиралей или дисков за счет формируемой центробежной силы, воздействующей на поток жидкости.

Основное преимущество роторно-пленочных испарителей заключается в возможности достижения более высоких значений выпаривания среды, которая представляет собой отношение количества испарившегося продукта к исходному количеству продукта.

Однако ТПИ с движущимися основными частями конструкции (ротор, подшипники, скребки и лопатки), сложны в изготовлении, нетехнологичны в использовании, представляют из себя громоздкие сооружения, которые неэффективны при использовании в судовых условиях при эксплуатации морского судна.

Поставленная задача по удалению водо-топливных фракций в судовых условиях реализована - на кафедре СДВС МГУ имени адмирала Г.И. Невельского создана малогабаритная регенерационная установка «РУМС-1» [4].

Для очистки ОММ, после их нагрева и фильтрации, от ВТФ применяется процесс термо-вакуумного испарения за счет формирования условий капельно-пленочной дистилляции в объемном линейном факеле, в форме полого конуса натекающего на поверхность циклонного испарителя. Для реализации данной задачи сформированы условия для капельного и тонкопленочного испарения.

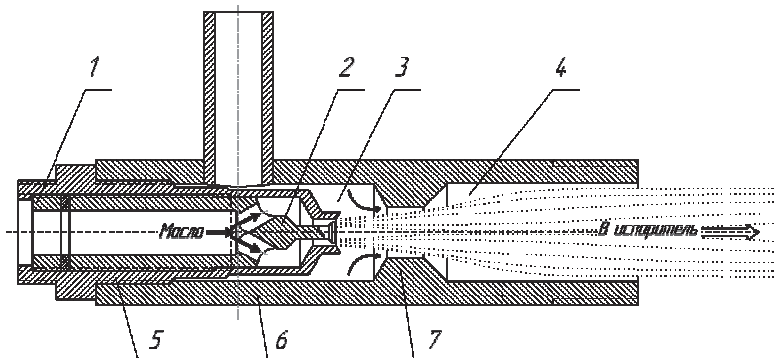


Рисунок 2 – Схема устройства форсунки-эжектора и распылителя установки регенерации масел «РУМС-1»: 1-стопор иглы форсунки-эжектора; 2-игла форсунки-эжектора; 3-камера всасывания (вакуумирования для кавитации капель водяной фракции); 4-камера капельного испарения ВТФ; 5-корпус форсунки-эжектора; 6-корпус распыливающего устройства; 7-горловина корпуса распыливающего устройства

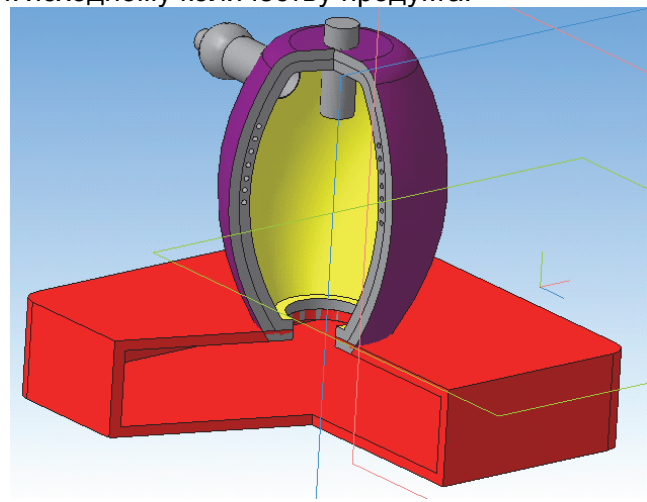


Рисунок 1 – Циклонный вакуум-термический испаритель с корпусом форсунки-эжектора

Основным элементом установки является циклонный вакуум-термический испаритель (ЦВТИ) оригинальной конструкции (рисунок 1), позволяющей реализовать эффективный способ удаления ВТФ с восстановлением до эксплуатационных параметров такие важные значения качественных показателей моторного масла, как вязкость и температура вспышки [4-6].

Процесс жидкостно-капельного истечения ОММ под давлением из распылителя форсунки-эжектора (рисунок 2), а затем процесс тонкопленочного течения потока смеси ОММ с водо-топливными фракциями по внутренней цилиндрической поверх-

ности ЦВТИ обеспечивается за счет организации закрученного течения ОММ.

Закрученное течение потока ОММ получается за счет натекания конусного факела, в жидкостно-капельном виде, на внутреннюю поверхность испарителя и представляет из себя потенциальный наружный вихрь, состоящий из двух частей: первая – это тонкий слой пленки стекающего вниз моторного масла и, вторая часть – это внешний паро-газовый вихрь испарившихся из ОММ фракций воды и топлива (рисунок 3).

Формирование условий испарения ВТФ показанное на рисунке 3 представляет из себя следующие зоны и направления движения компонентов процесса, а именно:

А – зона капельного испарения – объем факела распыленного ОММ. В этой зоне испаряется большая часть диспергированной воды (кавитационные микровзрывы перегретых капель воды) и часть легких топливных фракций.

Б – направление вращения масляной пленки ОММ.

В – направление вращения внешнего потенциального паро-газового вихря, которое совпадает с вращением пленки масла, температура потоков пленки и газов выше чем в капельном факеле (эффект Ранка-Хилша), что способствует полному ипарению ВТФ.

Г – направление вращения внутреннего вынужденного паро-газового вихря противоположно внешнему потенциальному паро-газовому вихрю, температура паро-газового потока ВТФ этого вихря ниже температуры внешнего вихря (эффект Ранка-Хилша), что способствует охлаждению испарившихся ВТФ уже в циклонном испарителе и транспортированию, за счет вакуума, в отдельные теплообменники – конденсаторы.

Д – пленка масла, формируемая на цилиндрической поверхности за счет центробежных и гравитационных сил и перекатывающиеся масляные шнуры, сформированные за счет сил инерции и трения.

Е – стенка циклонного вакуум-термического испарителя, состоящая из верхней эллипсоидной части и нижней конической.

Ж – механизм волнового движения пленки – периодические вихри квазиперекатывающиеся по внутренней поверхности циклонного испарителя. Этим обеспечивается эффективный теплообмен между наружной и внутренней поверхностями тонкопленочного потока масляной фракции, что положительно влияет на ускорение более полного испарения остатков воды и легких топливных фракций из ОММ.

На этапе капельного испарения из масла удаляется большая часть воды и часть легких топливных фракций, причем наличие в масле диспергированной воды увеличивает эффективность капельного испарения за счет вторичного распыла капель масла и местной турбулизации факела от кавитационных микровзрывов перегретых капель воды. Оптимизация этапа капельного испарения обеспечивается формой камеры и высокой скоростью факела (см. рисунок 2 и 3). Конструкция форсунки – эжектора и оптимальные параметры распылителя представлены в работе [6].

Одновременно, в камере капельного испарения из распыленного частично обезвоженного масла, паров воды и топлива формируется двухфазный конусный парожидкостный фа-

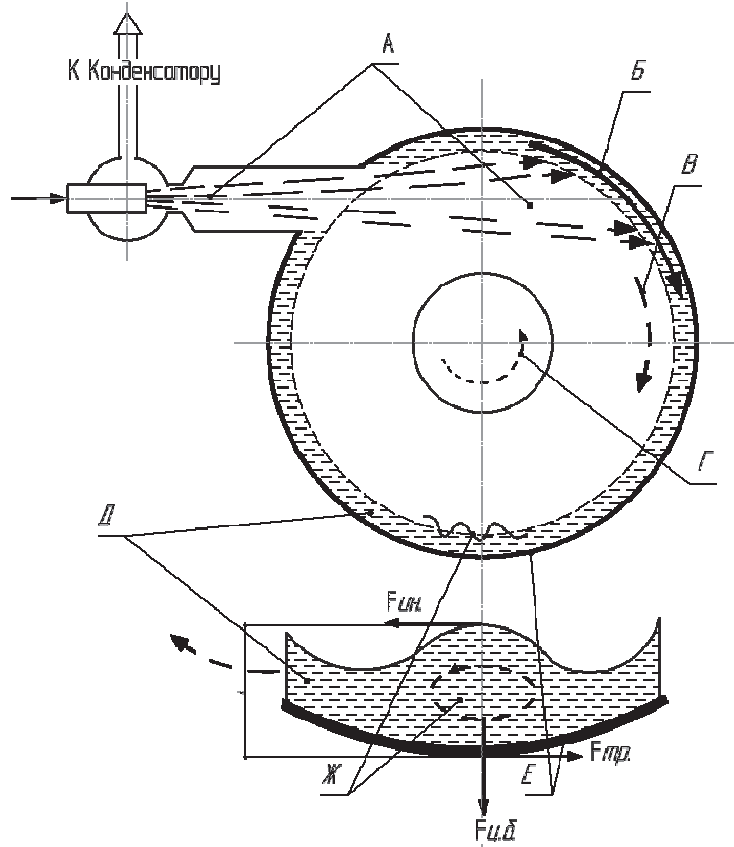


Рисунок 3 – Схема формирования факела капельного испарения и условий тонкопленочного испарения паров ВТФ на поверхности циклонного вакуум-термического испарителя

кел с высокой линейной скоростью, который непосредственно из камеры капельного испарения тангенциально подводится (натекает) на внутреннюю неподвижную круговую поверхность в верхней части циклона и движется в форме вихря по часовой стрелке (см. рисунок 3).

Форма и размерные характеристики циклона выбираются такими, чтобы обеспечить движение пленки масла на начальном этапе с высокой линейной и угловой скоростью по спирали сверху вниз и безотрывное течение пленки на всей поверхности циклона за счет силы $F_{ц.б.}$. При этом важно исключить разбрызгивание пленки масла факелом, а движение паро-газовой фазы в объеме циклона организовать с высокой угловой скоростью по двойной спирали: внешний вихрь сверху вниз спутно движению пленки масла и внутренний вихрь снизу вверх с противоположным вращением. Тангенциальный подвод распыленного масла в верхней части циклона, его высокая линейная скорость и форма циклона обеспечивают создание на его поверхности тонкой пленки масла, движущейся по внутренней поверхности циклона с высокой линейной и угловой скоростью. Высокая угловая скорость пленки на этапе тонкопленочного испарения обеспечивает полное разделение паровой и жидкой фаз факела после этапа капельного испарения и эффективную стабилизацию пленки в поле центробежных сил при статических и динамических линейных и угловых перемещениях (наклонах) испарителя. Формирование пленки из обезвоженного на первом этапе масла, место подвода факела и вывод пленки масла из зоны воздействия факела за счет формы циклона исключают вторичное разбрызгивание масла в циклоне и капельный унос масла с паровой фазой.

Высокая линейная скорость движения тонкой пленки масла по неподвижной внутренней поверхности циклона и вязкость масла за счет взаимодействия инерционных сил – $F_{ин.}$, сил трения – $F_{тр.}$ между поверхностью циклона и пленкой масла, внутренних сил трения в пленке масла и центробежных сил, формируют условия для качественного испарения ВТФ, за счет движения пленки масла волнообразно в виде последовательных перекатывающихся по внутренней поверхности циклона микровихрей, формирующих движение масла по спирали в виде наклонных шнуров спутно потоку моторного масла за счет формы циклона и места натекания конусного факела распыленного ОММ. Такое движение пленки масла характеризуется интенсивным тепло - и массообменом.

Тангенциальный подвод факела в циклон, форма циклона и высокая линейная скорость факела формируют движение паро-газовой фазы ВТФ, в объеме циклона, в виде двух вихрей: внешний паровой вихрь движется спутно движению пленки масла сверху вниз по внешней спирали, внутренний паровой вихрь по обратной спирали снизу вверх. В соответствии с эффектом Ранка-Хилша температура внешнего вихря выше температуры внутреннего вихря.

Таким образом, с учетом формирования указанных этапов, испытания по удалению ВТФ из отработанного моторного масла в установке «РУМС-1», показали достаточную эффективность ее работы, как по удалению отдельно фракции воды и топлива из ОММ, так и по очистке ОММ от совместного наличия ВТФ в отбракованном моторном масле.

Испытания показали достаточную эффективность разработанного циклонного вакуум-термического испарителя для удаления из масла легких топливных фракций [6]. То есть моторное масло из разряда непригодного к использованию в дизелях после вакуумно-термической обработки в испарителе перешло в разряд пригодного к использованию по показателю температура вспышки.

Проведенные испытания по одновременной отгонке воды и топливных фракций при содержании эмульгированной воды по браковочному показателю - 0,5% показали удовлетворительные результаты. Испытания выполнены для масла с содержанием воды 0,5% и топлива 5%. Испытания выполнены на лабораторной установке в режиме циркуляции. Для испытаний используется распылитель с кольцевым зазором $\delta = 0,2$ мм. Давление масла перед распылителем поддерживалось $2,0 \pm 0,1$ МПа. Угол раскрытия факела был установлен $\alpha = 4 \pm 1^\circ$. В качестве испытуемого использовалось масло М10В₂(С), разбавленное на 5% дизельным топливом Л-0,2-62 (ГОСТ 305-2010) и обводненное на 0,5%.

Для испытаний приняты режимы:

- оптимальный режим по отгонке топливных фракций из масла [5].
- оптимальный режим по отгонке воды из обводненного масла [6].

Испытания проводились при постоянном, предварительно установленном давлении в камере испарения. Температура в камере испарения была установлена также предвари-

тельно с применением чистого масла М10В₂(С).

Результаты испытаний и физико-химические показатели свежего и испытуемого масел приведены в таблице. Результаты испытаний возможности совместной и одновременной отгонки из масла воды и топливных фракций показатели ее принципиальную возможность.

Таблица – Испытание совместной отгонки воды и топливных фракций из ОММ

Параметр		Режим испытаний	
Температура в камере испарения, °С		140	170
Давление в камере испарения абсолютное, МПа		0,01-0,03	0,02-0,04
Температура масла перед распылителем, °С		175-190	205-220
Давление масла перед распылителем, МПа		1,8-2,0	1,9-2,1
Температура конденсации, °С		16,5-17,0	17,0-18,2
Объем регенерируемого масла, дм ³		2,0-6,0	2,0-6,0
Время регенерации на проток, (с), и циркуляцию, кратность, кр		180 с/2 кр/4 кр	180 с/2 кр/4 кр
Характеристики испытуемого масла 5% воды, 5% дизельного топлива	Плотность, кг/м ³ при 20 °С	902	902
	Кинематическая вязкость, мм ² /с при 100 °С	9,54	9,54
	Температура вспышки, °С	162	162
	Содержание механических примесей, %	отсутствуют	отсутствуют
	Содержание воды, %	0,5/2,0/3,1 эмульсия	0,5/2,0/3,1 эмульсия
	Содержание дизельного топлива, %	5/2,5	5/2,5
	Щелочное число, мг КОН/г	6,0	6,0
	рН	9,0	9,0
Характеристики испытуемого масла после регенерации	Плотность, кг/м ³	903	904
	Кинематическая вязкость, мм ² /с при 100 °С	9,65/10,59/11,30	10,10/11,22/11,30
	Температура вспышки, °С	194/198/205	196/200/208
	Содержание механических примесей, %	отсутствуют	отсутствуют
	Содержание воды, %	0,05	Отсутств.
	щелочное число, мг КОН/г	9,2/9,4/9,9	9,4/9,9/10,6
	рН	9,2	9,3

Заключение и выводы по результатам лабораторных испытаний установки регенерации моторных масел.

Лабораторная установка была модернизирована с целью обеспечения возможности работы в длительном режиме на проток из емкости в емкость:

– для вакуумирования испарителя был установлен водяной эжектор, обеспечивающий при работе от водопровода давление в камере испарения (абсолютное) 0,005 МПа;

– спроектирован, изготовлен и установлен конденсатор с водяным охлаждением взамен конденсатора с воздушным охлаждением. Причем для охлаждения конденсатора используется обратная вода эжектора;

– на масляную систему установлен дополнительный приемный патрубок с запорным клапаном.

Даже без оптимизации конструктивных и геометрических характеристик элементов испарителя на лабораторной установке в нормальных режимах работы осуществляется практически полное восстановление показателей масла до эксплуатационных, в отличие от браковочных, обусловленных наличием воды и топлива в моторном масле. Температура вспышки масла при двухкратной циркуляции повышена со 155 до 200/208 °С, а кинематическая вязкость при 100 °С с 8,97 до 11,22/11,30 мм²/с. Содержание воды в эмульгированном масле за однократный проход через испаритель понижено с 3,1% до следов воды. Причем современные средства очистки моторных масел, установленные на судах бессильны при данных загрязнениях масла.

В результате испытаний определены расчетные режимы работы испарителя и обслуживающих испаритель узлов и систем, и конструктивные характеристики для проектирования опытно-промышленной установки регенерации отбракованных судовых моторных масел по параметрам изменения вязкости и температуры вспышки, из-за наличия воды и топлива в

моторном масле. Также испытания показали возможность работы ЦВТИ в условиях имитирующих качку и крен судна. Определены критические углы наклона установки «РУМС-1» и динамика их достижения в условиях имитации без ухудшения качественных показателей регенерированного моторного масла при одновременном удалении ВТФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сурин, С.А. Отработанные масла: вторая жизнь / С. А. Сурин // Мир нефтепродуктов. -2000. -№2. -С. 22-24.
- 2 Сомов, В.А. Повышение долговечности судовых дизелей / В.А. Сомов, Б.С. Агеев, В.В. Чурсин, Ю.Л. Щепельский. -М.: Транспорт, 1983. -167 с.
- 3 Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. -М.: Машиностроение, 1983. -148 с.
- 4 Тарасов, В.В. Принципиальная схема установки по регенерации отработанного моторного масла в судовых условиях / В.В. Тарасов, П.В. Кулямов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 175-179.
- 5 Тарасов, В.В. Экспериментальное исследование работы циклонного испарителя-регенерационной установки по удалению топливных фракций из отработанного моторного масла / В.В. Тарасов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 139-143.
- 6 Тарасов, В.В. Определение параметров работы регенерационной установки по удалению воды из обводненного моторного масла в судовых условиях / В.В. Тарасов, П.В. Кулямов // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 168-172.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *испарение водо-топливных фракций, регенерация отработанных моторных масел, установка по регенерации судовых отбракованных масел*
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Тарасов Валерий Васильевич, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*
Кулямов Павел Владимирович, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛИКОНОВЫХ ДЕМПФЕРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.П. Глушков, С.В. Викулов, В.И. Сигимов

EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION SILICON OF THE DAMPER DIESEL ENGINES

Siberian state university of water transport

S.P. Glushkov, S.V. Vikulov, V.I. Sigimov

The results of the evaluation of the technical condition of the silicone of the dampers marine diesel engines of ships project 1741 to torsional vibration parameters.

Keywords: torsional vibrations, silicone dampener, diagnostics

Представлены результаты оценки технического состояния силиконовых демпферов судовых дизелей теплоходов пр. 1741 по параметрам крутильных колебаний.

Для уменьшения уровня колебаний валопровода от возмущающих моментов на резонансных режимах работы значительная часть ДВС оборудована гасителями колебаний различных типов. В настоящее время широкое распространение получил силиконовый демпфер крутильных колебаний, который благодаря высокой эффективности, простоте изготовления и эксплуатации почти вытеснил все другие виды демпферов и в значительной степени – антивибраторов. Силиконовый демпфер состоит из корпуса-ступицы, которая жёстко или упруго крепится к валу дизеля и инерционной массы (маховика), размещаемого внутри корпуса с зазором менее 1 мм, заполненной силиконовой жидкостью. Энергия в таком демпфере поглощается трением, возникающим при относительном движении маховика в вязкой среде.

В данной статье представлены результаты оценки и идентификации технического состояния силиконовых демпферов дизелей 6NVD26-A3 теплоходов типа «ОТ 600» проекта 1741 по параметрам крутильных колебаний с использованием автоматизированного измерительно-вычислительного комплекса БАГС-4 [1].

Исходя из максимального порядка рассматриваемых гармоник (равного 12) и максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля 1000 мин⁻¹, была установлена максимальная граница рассматриваемых частот колебаний, равная 200 Гц. Измерения крутильных колебаний проводились в соответствии с п.3 руководства [2] и программой по торсиографированию валопроводов, согласованной с Западно-Сибирской инспекцией РРР [3]. Расчёты собственных частот ω и относительных амплитуд α десятимассовой крутильной схе-

мы, приведённой на рисунке 1, осуществлялись методом математического моделирования в программном пакете MathCAD 13.

Анализ данных массива полученных спектрограмм (рисунок 2), как при одинаковой частоте, так и при разных частотах вращения коленчатого вала для различных состояний демпфера, показал, что их спектральные плотности амплитудно-частотных характеристик существенно отличаются друг от друга.

По результатам эксплуатационного мониторинга была произведена идентификация технического состояния демпферов. Дизели с работоспособными демпферами были отнесены к исправному D_1 техническому состоянию, а дизели, у которых была нарушена нормальная работа демпфера (заклинивание инерционной массы в корпусе, повышенная температура и отсутствие демпфера в валовой линии), – к дефектному D_2 состоянию.

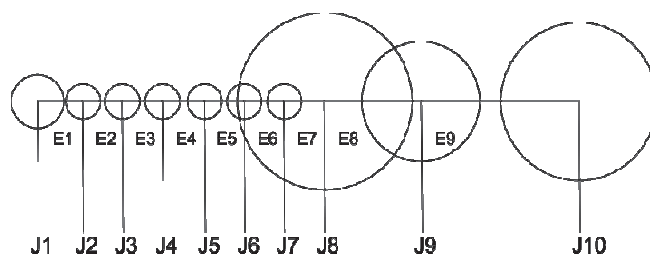


Рисунок 1 – Приведённая крутильная схема валовой линии СЭУ теплохода проекта 1741А: 1-демпфер; 2...7-коленчатый вал; 8-маховик; 9-реверс-редуктор; 10-гребной винт

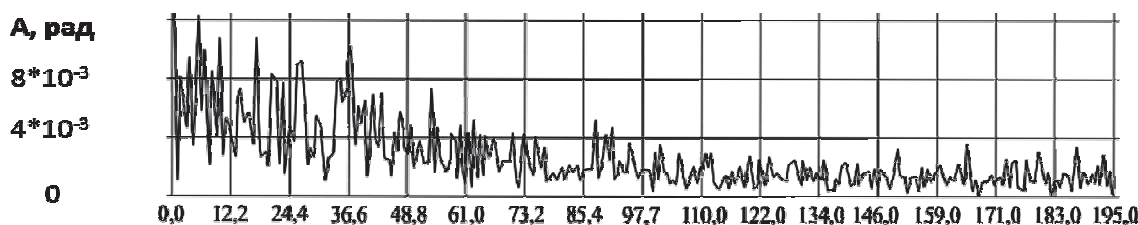


Рисунок 2 – Спектрограмма крутильных колебаний валовой линии дизеля 6NVD26A-3 левого борта теплохода «РТ-689» состояния D_1

Массив амплитудно-частотных характеристик спектрограмм, полученных при одинаковой диагностической частоте коленчатого вала, равной 600 мин⁻¹, был подвергнут статистической обработке. Для каждого интервала частот шириной в 12,2 Гц (всего 16 интервалов в диапазоне от 0 до 195 Гц) в относительных единицах масштаба амплитуд спектрограммы измерялась величина максимальной амплитуды. Затем рассчитывались средние амплитуды \bar{A} всех интервалов частот спектрограммы каждого дизеля, величины которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Теплоходы исследуемых дизелей

Теплоход	Борт дизеля	Состояние дизеля	Средняя амплитуда \bar{A} спектрограммы, дел.
РТ-638	правый	D_1	1,81
РТ-673	левый	D_1	0,98
РТ-685	левый	D_1	2,12
РТ-689	левый	D_1	1,45
РТ-726	правый	D_1	2,66
РТ-787	правый	D_1	1,93
РТ-791	правый	D_1	1,61
РТ-634	левый	D_2	4,94
РТ-638	левый	D_2	5,34
РТ-673	правый	D_2	5,18
РТ-674	правый	D_2	4,30
РТ-724	левый	D_2	4,79
РТ-740	правый	D_2	4,81
РТ-786	левый	D_2	4,81

Сравнением статистических характеристик \bar{A} исправного D_1 и дефектного D_2 состояний демпфера по двум известным критериям: Фишера и Стьюдента (таблица 2), установлено, что с вероятностью 95% можно утверждать, что они относятся к разным совокупностям. Было также установлено, что среднее значение амплитуды \bar{A} по массиву данных дефектного состояния D_2 в 2,85 раз превышает такой уровень амплитуд колебаний валопровода исправного D_1 состояния демпфера.

На основании изложенного в качестве диагностического параметра состояния демпфера принята величина средней амплитуды \bar{A} крутильных колебаний.

Таблица 2 – Сравнение статистических характеристик средних амплитуд \bar{A} спектрограмм крутильных колебаний

Состояние дизеля	Статистические характеристики					
	Среднее значение \bar{A} , дел.	Дисперсия σ^2 , дел.2	Критерий Фишера F	Критерий Стьюдента t	$F_{кр}$ при $P = 0,95$	$t_{кр}$ при $P = 0,95$
D_1	1,79	0,381	4,39	10,89	4,28	4,22
D_2	4,88	0,110				

Исходя из гипотезы нормального распределения величин средних амплитуд \bar{A} спектрограмм (в первом приближении), установлены допустимый и предельный нормативы для оценки состояния демпфера при уровне надёжности $P = 0,95$ и критерии Стьюдента $t_p = 2,48$

$$\bar{A}_{\text{дол}} = \bar{A}(D_1) + t_p \cdot \sigma(D_1) = 1,79 + 2,48 \cdot 0,617 = 3,32 \text{ дел. или } 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ рад};$$

$$\bar{A}_{\text{пред}} = \bar{A}(D_2) - t_p \cdot \sigma(D_2) = 4,88 - 2,48 \cdot 0,332 = 4,10 \text{ дел. или } 1,64 \cdot 10^{-2} \text{ рад},$$

где $\bar{A}(D_1)$, $\bar{A}(D_2)$ – соответственно средние значения амплитуд исправного D_1 и дефектного D_2 состояний демпфера;

$\sigma(D_1)$, $\sigma(D_2)$ – соответственно средние квадратичные отклонения исправного D_1 и дефектного D_2 состояний демпфера.

В соответствии с методикой оценки диагностической ценности параметров, принятой в работе [4], проведены расчёты диагностической ценности параметров спектрограммы крутильных колебаний в распознавании состояния демпфера. Установлено, что диагностическая ценность относительных амплитуд для всех интервалов частот, представленная фрагментом в таблице 3, достаточно равномерно распределена по массиву экспериментальных данных. При этом величины частной диагностической ценности $Z_{D_2}(A_j)$ для дефектных состояний демпфера в среднем в 2,44 раза превышают аналогичные величины $Z_{D_1}(A_j)$ исправных состояний. Среднее значение общей диагностической ценности амплитуд крутильных колебаний, равное 0,842 бит, в 2,3 раза превышает аналогичное значение для средней концентрации железа в масле дизелей Г70-5 (0,353 бит).

Таблица 3 – Результаты расчёта диагностической ценности параметров крутильных колебаний

Интервал частот	Диагностическая ценность, бит		
	$Z_{D_1}(A_j)$	$Z_{D_2}(A_j)$	$Z_D(A_j)$
1	0,6131	1,5305	0,9306
2	0,5523	1,3922	0,8426
...
15	0,6130	1,5306	0,9306
16	0,5306	1,0673	0,7162
Средняя	0,5574	1,3640	0,8420

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глушков, С.П. Автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс для регистрации крутильных колебаний энергетических установок БАГС-4 / С.П. Глушков, А.М. Барановский, С.С. Глушков // Сиб. научн. вестн. -Новосибирск: Новосиб. госу. акад. водн. трансп., 2006. -Вып. IX. -С. 109-112.
- 2 Р.009-2004. Руководство. Расчет и измерение крутильных колебаний валопроводов и агрегатов. -М.: Российский Речной Регистр, 2004. -14 с.
- 3 Расчет крутильных колебаний валопровода: №19.02/1741-8, от 14.01.2003 г. -Новосибирск: ЗАО «ИПС», 2003. -37 с.
- 4 Викулов, С.В. Основы технической диагностики судовых дизелей по комплексу параметров работающего моторного масла / С.В. Викулов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. академ. вод. трансп., 2011. -176 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крутильные колебания, силиконовый демпфер, диагностика
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Викулов Станислав Викторович, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Сигимов Владислав Иванович, канд. физ.-мат. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

РАЗРАБОТКА ЭТАЛОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

DEVELOPMENT OF STANDARD ELECTRIC POLARIZABILITY OF THE PARTICLES OF WATER-FUEL EMULSIONS

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

In article the questions of development of standard electric polarizability polarized particles of the water-fuel emulsions.

Keywords: standard, polarizability of a particle, water-fuel emulsions

Рассмотрены вопросы разработки эталона электрической поляризуемости поляризующихся частиц водотопливных эмульсий.

Одним из эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов является применение водотопливных эмульсий (ВТЭ), использование которых не требует значительных затрат на изменение технологии подготовки судового топлива и не нуждается в больших капиталовложениях.

Размеры частиц воды ВТЭ находятся в пределах 1-10 мкм. Одной из основных причин, обуславливающих образование устойчивых топливных эмульсий, является электрический заряд, образуемый на поверхности частиц ВТЭ. Способность частиц к образованию стойкого электрического заряда характеризуется величиной электрической поляризуемости частиц.

Поэтому разработка методов оценки величины электрической поляризуемости частиц является актуальной [1, 2].

Измерение коэффициента поляризуемости частиц осуществляется путем определения скорости частиц при ее поступательном движении в неоднородном переменном электрическом поле при известных параметрах электрического поля в измерительной ячейке. В установке определение скорости частиц при ее поступательном движении осуществляется путем оптической регистрации траектории частицы в неоднородном переменном электрическом поле.

При создании методик измерений коэффициента поляризуемости частиц, большое значение имеет создание эталонных средств измерений.

Для решения задач метрологического обеспечения измерений коэффициента поляризуемости частиц в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии разработан вариант эталона электрической поляризуемости частиц ВТЭ, который будет использоваться для калибровки технических установок.

В основу калибровки положены следующие положения.

Величина поляризуемости частицы, определяемая характеристиками материала частицы и среды определяется по выражению

$$\alpha_{\text{ч}} = 4\pi \varepsilon_{\text{ср}} r_{\text{ч}}^3 \frac{\varepsilon_{\text{ч}} - \varepsilon_{\text{ср}}}{\varepsilon_{\text{ч}} + 2\varepsilon_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{ч}}$ – относительная диэлектрическая проницаемость частицы;

$\varepsilon_{\text{ср}}$ – относительная диэлектрическая проницаемость среды;

$r_{\text{ч}}$ – радиус частицы, м.

Таким образом, создав эталонные частицы с известными геометрическими размерами и относительной диэлектрической проницаемостью, можно найти значение объемной поляризуемости эталонной частицы, вычисленной с учетом характеристик материала эталонной частицы и окружающей среды.

Помещая эталонные частицы в эталонную установку, находим экспериментальное значение объемной поляризуемости эталонной частицы, то есть проводим ее аттестацию.

Искомая величина объемной поляризуемости частицы в эталонной установке будет определяться по выражению

$$\alpha_{\text{ч}} = \frac{12\pi \eta_{\text{ср}} r_{\text{ч}} \bar{\nabla} E^2}{\varepsilon_0 \bar{\nabla} E^2 \bar{\nabla} E^2}, \quad (2)$$

где ε_0 – диэлектрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;
 η_{cp} – вязкость среды, Па·с, определяется экспериментально;
 \vec{v}_c – скорость поступательного движения частицы в НПЭП по пути ее движения, м/с;
 $\vec{\nabla} E^2$ – градиент квадрата напряженности электрического поля между электродами в измерительной ячейке, В²/м².

В состав эталона для измерения величины поляризуемости частиц входят следующие основные элементы (рисунок 1 и 2).

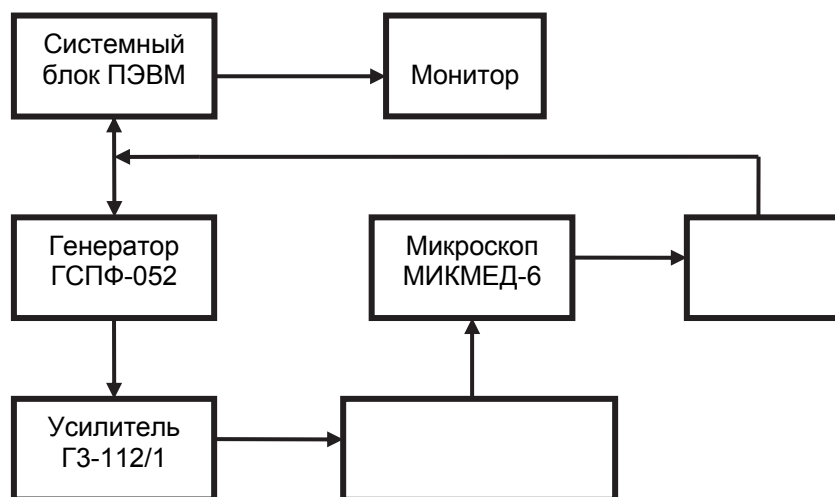


Рисунок 1 – Структурная схема эталона

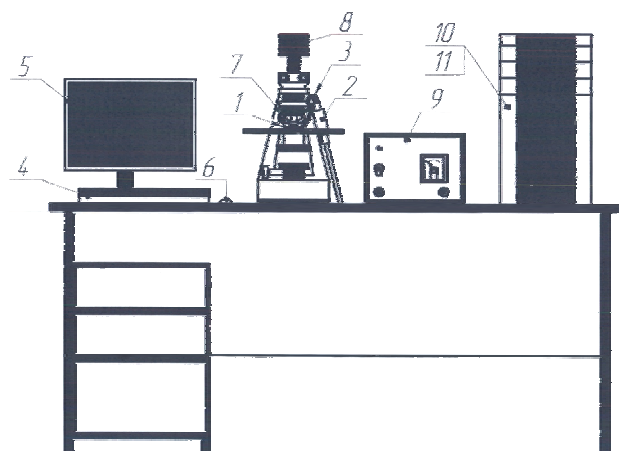


Рисунок 2 – внешний вид эталона: 1-ячейка измерительная 2; 2-коробка RC; 3-фидер коаксиальный; 4-клавиатура; 5-монитор; 6-мышь; 7-микроскоп; 8-камера цифровая MC-14; 9-усилитель ГЗ-112/1; 10-системный блок; 11-генератор ГСПФ-052

В состав эталона входит комплект измерительных приборов и оборудования, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Состав комплекта эталона электрической поляризуемости частиц ВТЭ

№ п/п	Наименование составной части	Назначение
1	Микроскоп	Используется для наблюдения за частицами в измерительной ячейке
2	Видеокамера	Обеспечивает визуализацию частицы и передачи данных в ПЭВМ
3	Источник напряжения (генератор)	Обеспечивает подачу напряжения на электроды измерительной ячейке
4	Измерительная ячейка	Используется для проведения диэлектрофореза частиц
5	ПЭВМ	Используется для анализа видеоизображения и расчета поляризуемости

Таким образом, в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии разработан вариант эталона электрической поляризуемости частиц ВТЭ, который будет использоваться для калибровки технических установок. Это позволит оценивать устойчивость ВТЭ, что важно при создании и разработке способов стабилизации ВТЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. -М.: Наука, 1982. -621 с.
- 2 Шилов, В.Н. Диэлектрофорез наноразмерной частицы / В.Н. Шилов // Коллоидный журнал. -2008. -Т.70. -№4. -С. 558-571.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эталон, поляризуемость частицы, водотопливные эмульсии
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ОХЛАЖДАЮЩИХ СВЕРЛЕНИЯХ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ

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

В.Н. Кучеров, Ю.Е. Векслер

MODELING OF HEAT TRANSFER IN COOLING DRILLED CHANNELS ON DIESEL ENGINE ELEMENTS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi
 V.N. Kucherov, Yu.E. Veksler

The experimental dependences of the thermal state of the mirror cylinder in marine low speed diesel engine with additional cooling. Examines the influence of design factors on the process of heat transfer in channels scalene the cylinder sleeve. It proves the rationality of using an additional cooling channel of the cylinder sleeve along with the standard.

Keywords: cylinder liner, outside cooling surface, combine cooling diesel, cooling drilled, intratubular engine cooling

Приводятся экспериментальные данные по тепловому состоянию зеркала цилиндра судового малооборотного дизеля при его дополнительном охлаждении. Анализируется влияние конструктивных факторов на процесс теплоотдачи в сверленных каналах цилиндрической втулки. Доказывается рациональность использования дополнительного к штатному канального охлаждения цилиндрической втулки.

Охлаждающие сверления в теплонапряженных элементах дизелей получили широкое распространение [1]. Анализ гидрорежима в каналах позволяет отметить, что в них существует развитое турбулентное течение охлаждающей воды ($Re_f = 2000-5000$) и они относятся к гидродинамическим начальным участкам. Вход канала является не только гидродинамическим, но и тепловым начальным участком. Температурные исследования показывают, что в условиях ДВС происходит асимметричный обогрев канала и, в связи с этим, существует аксиальная теплопроводность жидкости.

Получить общее решение дифференциальных уравнений, описывающих, даже в частном случае, теплообмен в охлаждающих сверлениях пока не удалось. Еще более сложным является решение задачи при двойном охлаждении, когда стенка имеет охлаждающие сверления и наружный циркулярный контур. Такая конструкция наблюдается у многих цилиндрических втулок в районе выхода радиальных сверлений на борт, где формируется полость охлаждения, а также на других деталях [2].

Система «двойного» или комбинированного охлаждения была реализована в свое время при модернизации цилиндрических втулок дизеля RD76 с внедрением охлаждающих сверлений в дополнение к штатной наружной схеме циркуляционного охлаждения, где и проводилась экспериментальная проверка условий теплообмена при комбинированном охлаждении.

Анализ влияния конструктивных факторов на тепловое состояние цилиндрической втулки выполняли методами моделирования. Экспериментальные исследования проводили на штатных и модернизированных цилиндрических втулках дизелей RD76 с различным шагом сверлений.

Граничные условия с газовой стороны назначались расчетом $\alpha_{г.ср}$ и $T_{г.рез}$ по высоте втулки и корректировались для обеспечения температуры на модели на уровне экспериментальных значений в штатном варианте втулки. К моделям со сверлением (двойное охлаждение)

ние) с газовой стороны подводился потенциал, выбранный для штатного варианта. Влияние шага сверлений s на тепловое состояние втулки RD76 проверяли в трех ее поперечных сечениях: 1-1 (верхний бурт), 3-3 (первая канавка), 4-4 (положение первого кольца в ВМТ).

На рисунке 1 показана зависимость $t_1 = f(s)$ температуры, а также степень эффективности двойного охлаждения в снижении t_1 в плоскости между сверлениями по сравнению со штатным наружным (охлаждением).

Экспериментальные значения температуры для шага 70 и 90 мм незначительно отличаются от расчетных. Эффективность дополнительного охлаждения по сечениям сильно зависит от плотности теплового потока и шага сверлений.

Несмотря на все различия, величина максимального шага, при котором не сказывается эффект сверлений по центру между каналами ($\Delta t = 0$), практически одинакова и полученное отношение $s/d = 12,5$, является предельным (максимальным) для двойного охлаждения. Эффект двойного охлаждения становится ничтожным при $s/d = 2-2,3$, которое можно считать минимальным.

Характер протекания изотерм в поперечном сечении втулки в значительной степени зависит от шага и диаметра сверления (рисунок 2). Вблизи зеркала цилиндра «провал» изотерм выравнивается. Разность между максимальной температурой в плоскости между сверлениями (2-2) – t_1 и минимальной по центру сверлений (1-1) – t_0 в трех точках измерений по высоте втулки составила 10-12 °С. По результатам моделирования на зеркале цилиндра данная разность не превышала 3-5 °С.

Влияние скорости жидкости в каналах на тепловое состояние втулки анализировали моделированием условий теплообмена в сечении 3-3 (рисунок 3). Как следует из графической зависимости, теплоотдача значительно активизируется при увеличении скорости жидкости до 1,0-1,5 м/с. В дальнейшем отмечается уменьшение темпа падения Δt температуры стенки.

В процессе разработки модернизационных мероприятий на цилиндрических втулках дизелей RD и RND исследовалось влияние различных факторов на процессы теплообмена. Задачей анализа являлось установление зависимости температуры теплопередающего элемента от диаметра, шага сверлений, активной толщины стенки δ_s при различной нагрузке (средней плотности теплового потока q) по высоте втулки в двух схемах охлаждения.

При моделировании с $d, s = \text{var}$ приняты постоянными коэффициент теплоотдачи от стенки к охлаждающей среде α_w , а также $\alpha_{э,ср}$ и $T_{э,рез}$ и температуры охлаждающей среды T_f . Характер изменения температуры стенки в поперечном сечении в двух схемах (штатной и модернизированной) охлаждения показан на рисунок 4.

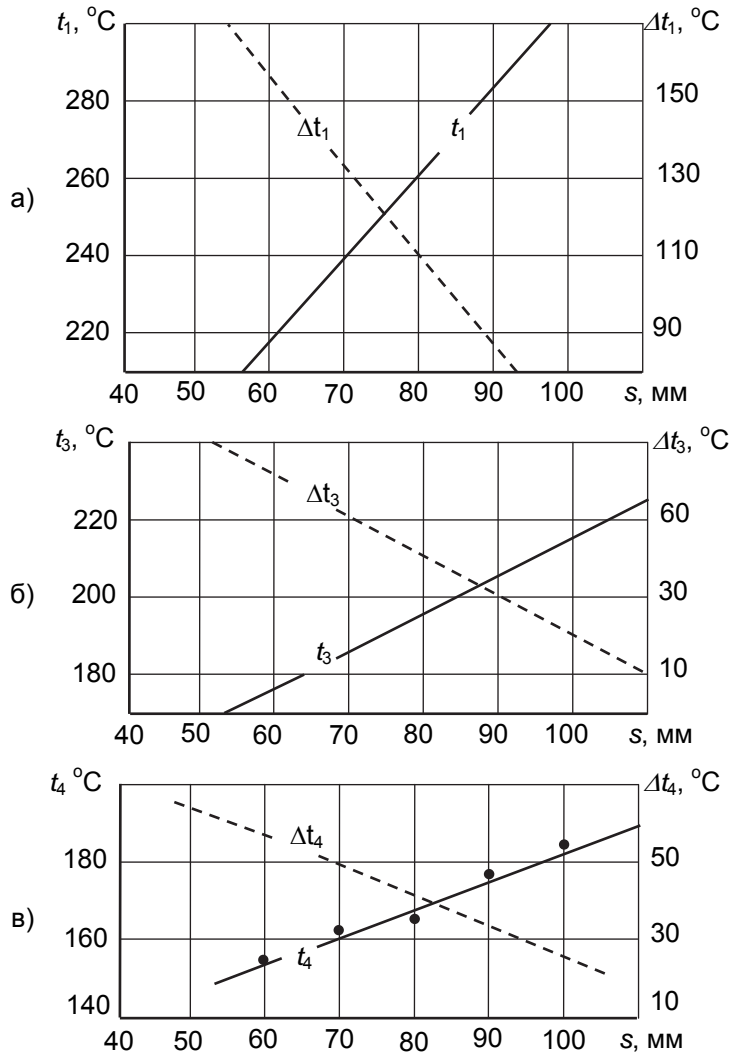


Рисунок 1 – Влияние шага сверлений на температуру t и степень ее понижения Δt на втулке двигателя 6RD76: а)-сечение 1-1; б)-сечение 3-3; в)-сечение 4-4

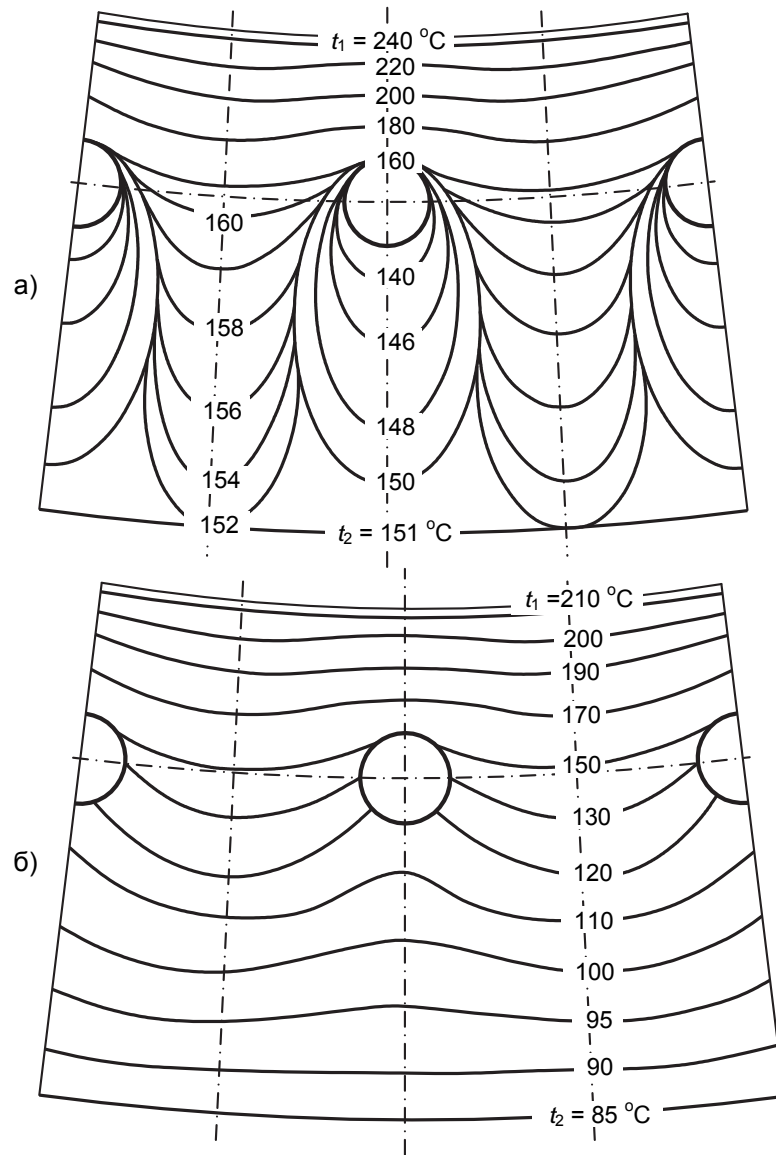


Рисунок 2 – Температурное поле в сечении 3-3 втулки дизеля 6RD76 при внутреннем (а) и двойном (б) охлаждении

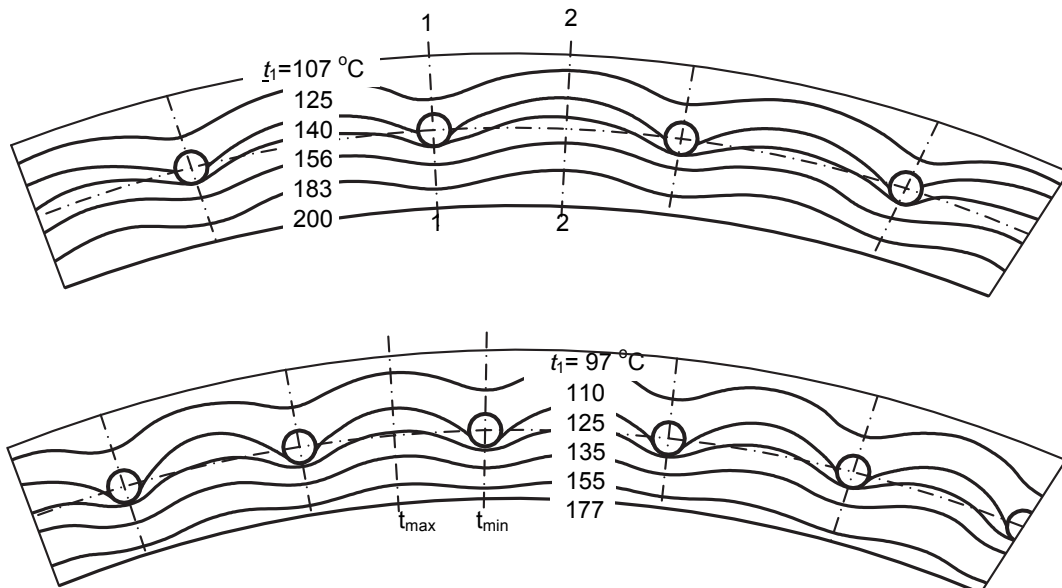


Рисунок 3 – Характер изменения температуры в сечении 3-3 втулки двигателя 6RD76 при различном шаге сверления

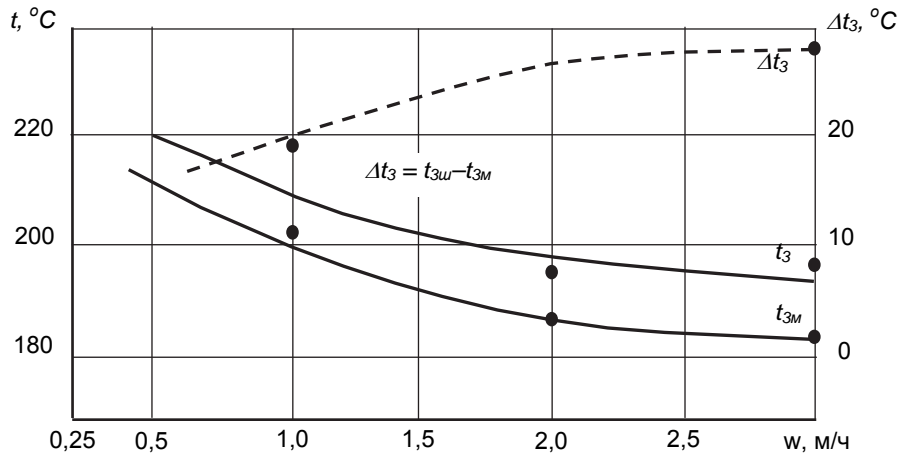


Рисунок 4 – Влияние скорости жидкости в каналах на температуру стенки в сечении 3-3 и степень ее понижения Δt по отношению к штатному варианту

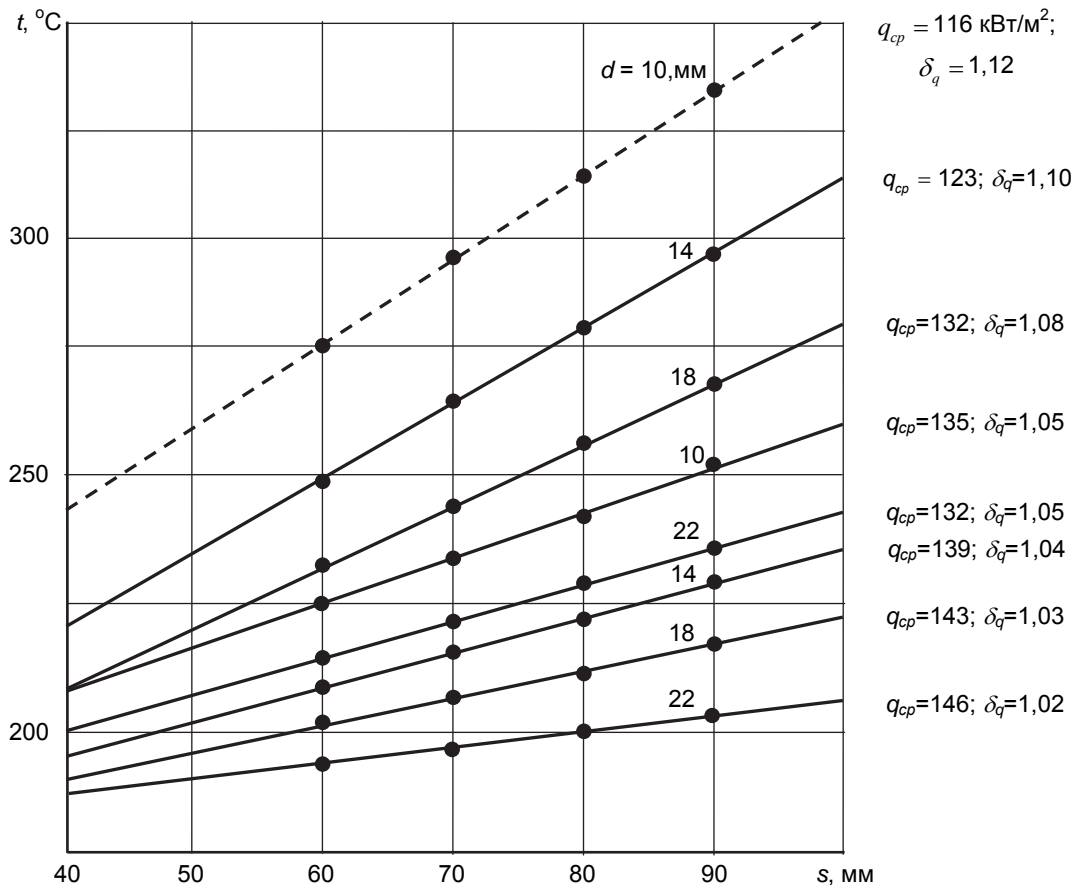


Рисунок 5 – Зависимость температуры стенки t от шага и диаметра d сверлений при внутреннем (---) и двойном охлаждении (- - -); активная толщина стенки $\delta_a = 20$ мм; $g = 110-148$ кВт/м²; α_w ; $\alpha_{e,cp}$; $T_{e,cp} = \text{Const}$

Обобщенные зависимости изменения температуры стенки от шага и диаметра сверлений в плоскости отверстий (рисунок 5) указывают, что эффективность дополнительного охлаждения стенки при наличии внешнего циркуляционного контура понижается с уменьшением диаметра и увеличением шага сверлений.

Плотность теплового потока q определяется в основном условиями нагружения ($\alpha_{e,cp}$, $T_{e,cp}$), хотя заметную роль в формировании q играют условия теплоотвода.

При изменении диаметра сверления от 10 до 22 мм и шага сверления от 60 до 90 мм отношение q_{max}/q_{min} составило 1,33 при одинаковых значениях α_w , $\alpha_{e,cp}$ и $T_{e,cp}$ для внутрика-

нального охлаждения. В аналогичных условиях при двойном охлаждении отношение $\delta_q = q_{\max}/q_{\min}$ составляет только 1,13.

Использование наклонных сверлений в цилиндрических втулках ведет к изменению активной толщины стенки. Результаты исследования теплового состояния при изменении активной толщины стенки и различной плотности теплового потока, которые характерны для цилиндрических втулок, показаны на рисунок 6.

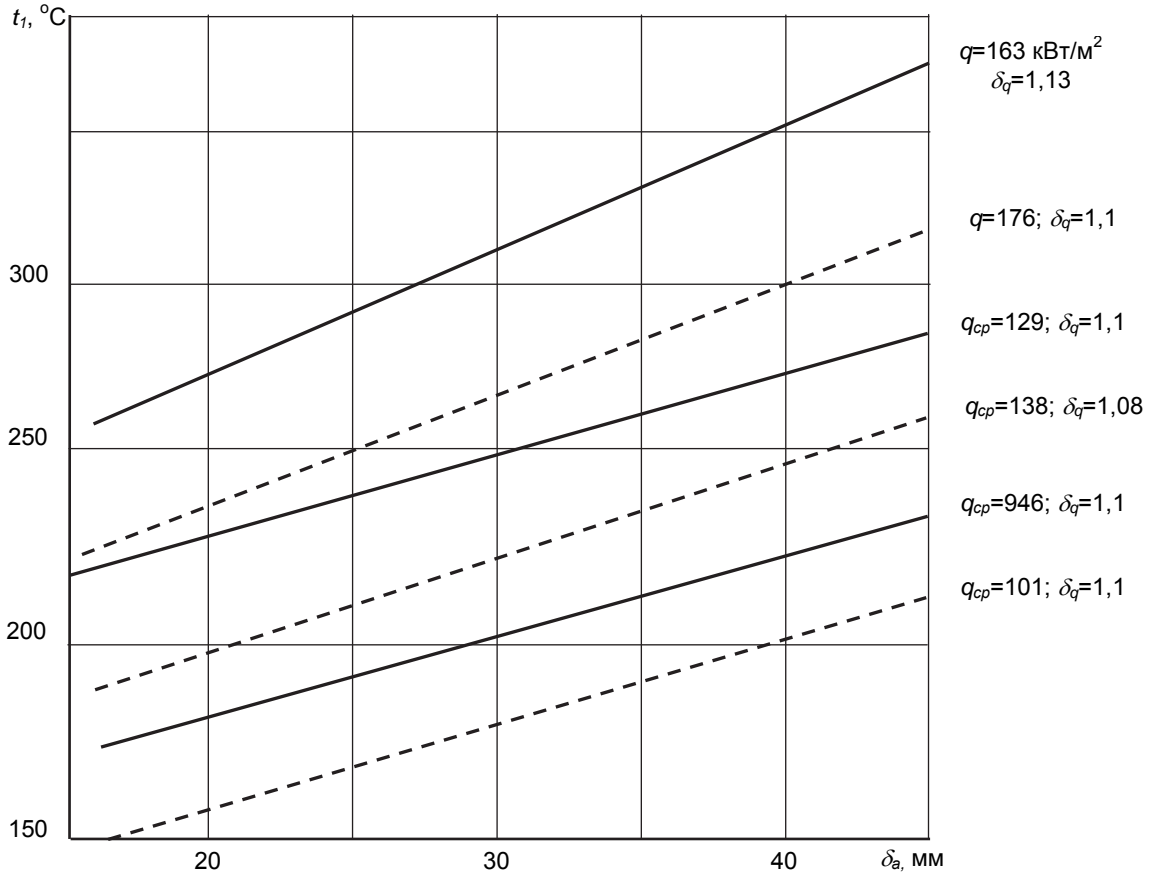


Рисунок 6 – Влияние активной толщины δ_a на тепловое состояние стенки при различной нагрузке: --- охлаждение канальное; – – – охлаждение комбинированное

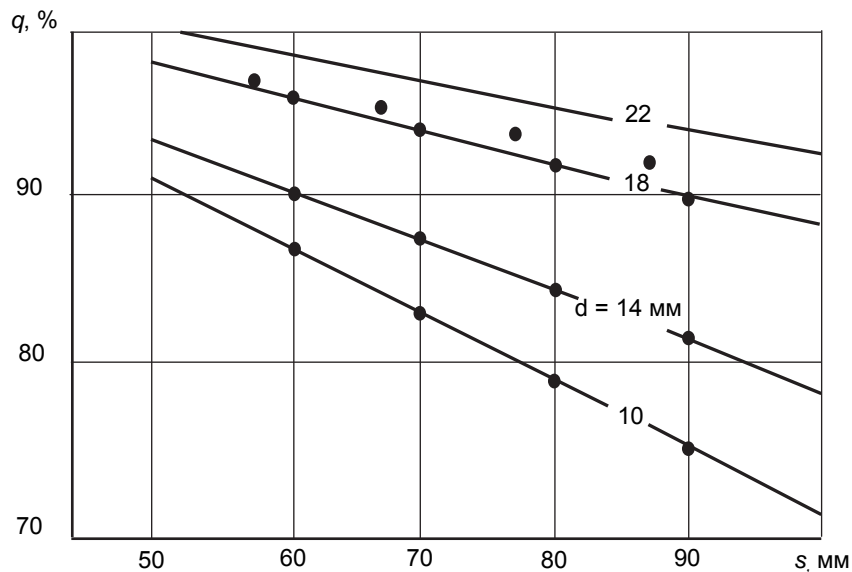


Рисунок 7 – Изменение плотности теплового потока на зеркале цилиндра дизеля 6RD76 в зависимости от диаметра d и шага сверлений s (охлаждение комбинированное)

С увеличением δ_a резко возрастает температура на зеркале цилиндра, компенсацию которой можно осуществить, используя ступенчатый переменный диаметр сверлений.

Количественное изменение плотности теплового потока на зеркале цилиндра, связанное с условиями охлаждения, показаны на рисунке 7. Полученные зависимости, позволяют оценить степень эффективности схемы охлаждения при назначении конструктивных параметров сверлений во втулках судовых ДВС. Как показал эксперимент, это дает возможность управлять тепловым состоянием зеркала цилиндра, обеспечивая уровень температур в пределах благоприятных значений для поддержания стабильной масляной пленки в элементах трения, что способствует достижению высоких ресурсных показателей деталей цилиндропоршневой группы дизеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кучеров, В.Н. Условия охлаждения и повышение надежности цилиндропоршневой группы судовых малооборотных дизелей / Владимир Никанорович Кучеров // дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05. -Л., 1986. -331 с.

2 Кучеров, В.Н. Тепловая напряжённость цилиндрической втулки дизеля ZH40/48 в поясе продувочных окон / В.Н. Кучеров, М.В. Флорианская // Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2011. -№1. -С. 176-180.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *цилиндрическая втулка, наружное охлаждение, двойное охлаждение двигателя, охлаждающее сверление, внутриканальное охлаждение двигателя*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Кучеров Владимир Никанорович, канд. техн. наук, профессор ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

Векслер Юрий Евсеевич, аспирант ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В БЕРЕГОВОЙ СЕТИ 0,4-10 кВ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ СУДОВ В ПЕРИОД РЕМОНТА И РАЗОРУЖЕНИЯ

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
 ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия»

М.Г. Вишнягов, В.П. Горелов, Е.В. Иванова, Е.Ю. Руппель,
 В.И. Клеутин, А.А. Сидоренко

QUALITY ASSURANCE VOLTAGE OF 0,4-10 kV SHORE POWER WHEN CONNECTING VESSELS BETWEEN REPAIR AND DISARMAMENT

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
 Siberian state university of water transport
 Siberian state automobile and highway academy
 M.G. Vishnyagov, V.P. Gorelov, E.V. Ivanova, E.Yu. Ruppel, V.I. Kleutin, A.A. Sidorenko

In the article the analysis of the voltage quality in the coastal network of 0,4-10 kV when connecting vessels between repair and disarmament are the main organizational and technical measures and recommendations for standardized voltage values in a given period of time.

Keywords: voltage drop, network losses, duplicate power line, reactive power compensation, possibility of loads, coastal network

Рассмотрен анализ качества напряжения в береговой сети 0,4-10 кВ при подключении судов в период ремонта и разоружения, и даны основные организационные и технические мероприятия и рекомендации для обеспечения нормируемых значений напряжения в данный период времени.

Временные электрические сети на судах, ремонтируемых или строящихся на судоремонтных заводах, снабжаются электроэнергией от береговых сетей в соответствии с действующими Правилами по электробезопасности при электроснабжении ремонтируемых и строящихся судов и заводскими инструкциями.

Судовые электрические сети трехфазного переменного тока с изолированной или заземленной нейтралью разрешается подключать непосредственно к береговым электрическим сетям с глухозаземленной нейтралью при равенстве линейных напряжений и частоты тока судовой и береговой сети.

Если напряжение или частота тока судовой и береговой сети отличаются, обязательно применение трансформаторов или преобразователей электроэнергии.

Электроснабжение судов от береговых сетей переменного тока должно производиться через установленные на причалах стандартные электроколонки для электроснабжения судов. Кабельные линии питания электроколонок должны быть присоединены непосредственно к распределительным устройствам 0,4 кВ подстанции порта отдельно от сети питания крановых электроколонок. При дооборудовании причалов стандартными электроколонками для электроснабжения судов допускается подключение судов также к крановым электроколонкам.

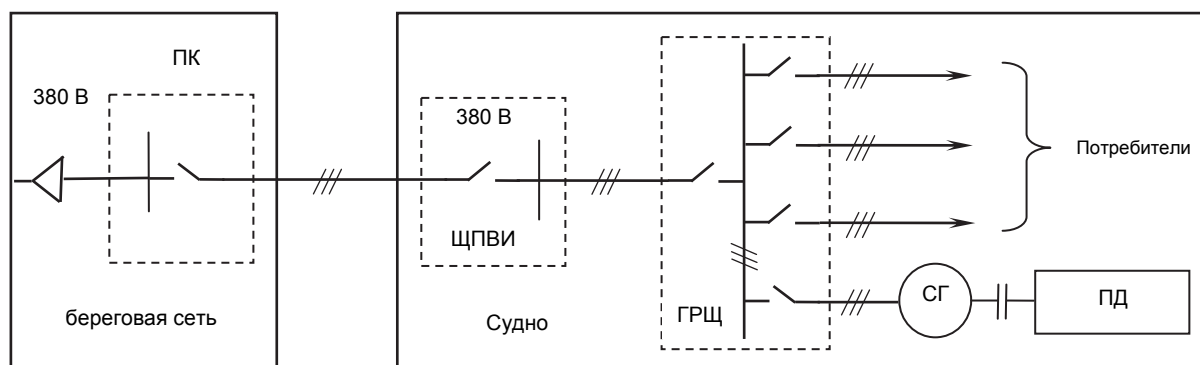


Рисунок 1 – Электрическая схема системы «берег – судно»: ПК-питательная колонка для присоединения судов; ЩПВИ-щит питания от внешнего источника; ГРЩ-главный распределительный щит; СГ-синхронный генератор; ПД-приводной двигатель

Качество электроэнергии в береговой сети должно соответствовать требованиям ГОСТ 32144-2013, а в судовой сети Правилам классификации и постройки судов внутреннего плавания Российского Речного Регистра (ПСВП РРР) [1, 2].

Анализ качества напряжения в береговой сети 0,4-10 кВ при подключении судов в период ремонта и разоружения выполнен на Омском ССРЗ в период 2013-2014 гг.

Береговая линия электроснабжения 0,4 кВ представляет собой двухцепную воздушную линию (ВЛ) электропередачи протяженностью три километра на деревянных опорах, установленных с интервалом 40 м. Каждая цепь линии выполнена из четырех проводов марки А 70. Линия имеет два сегмента (ветви) один и два километра, которые подключены к ТП 4 внутренней системы электроснабжения Омского ССРЗ 10 кВ (рисунок 2).

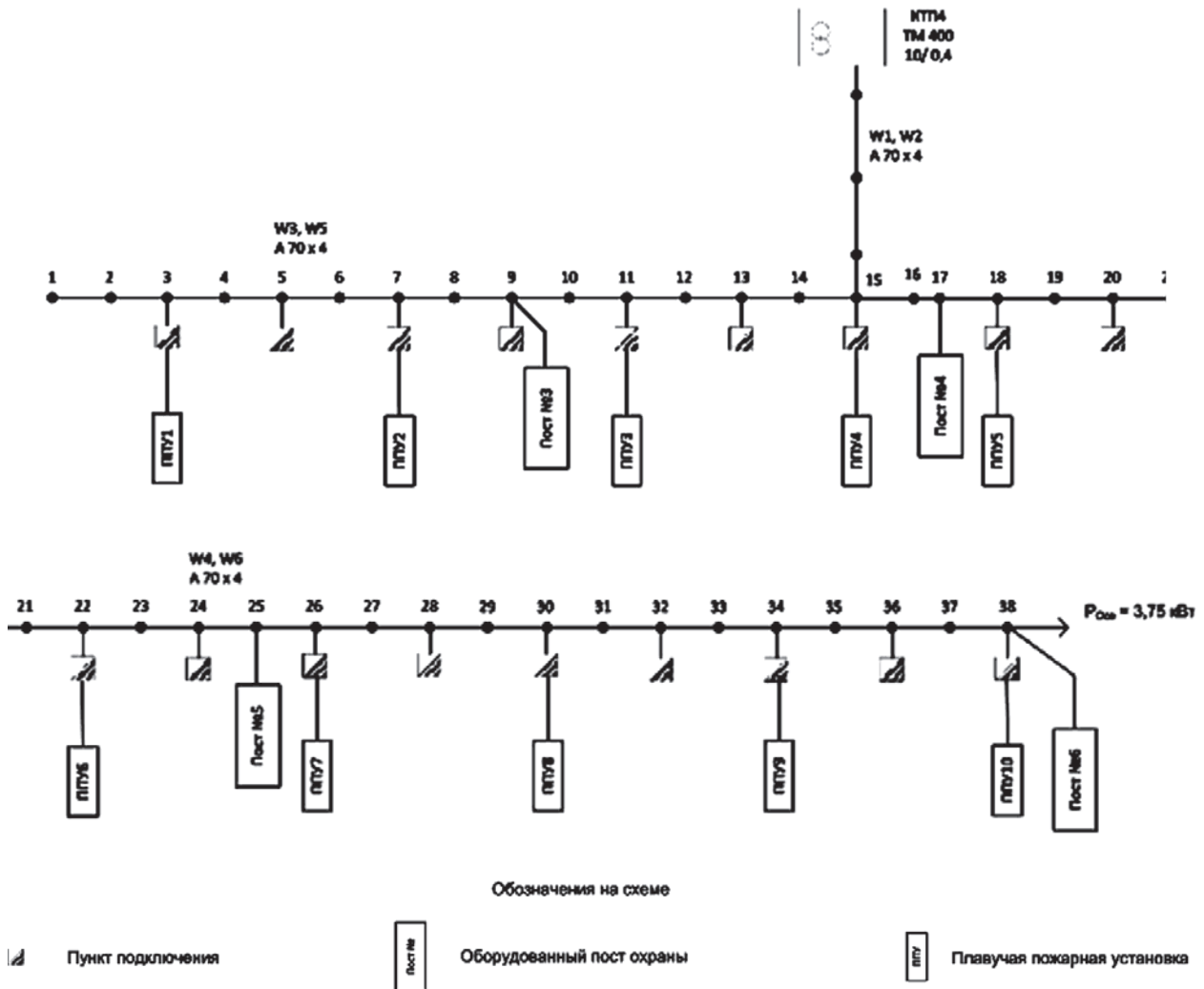


Рисунок 2 – Береговая линия электроснабжения 0,4 кВ

Измерения ПКЭ на ТП 4 выполнялись в период разоружения флота. Следует отметить, что к шинам ТП 4 непосредственно нагрузка не подключается, следовательно напряжения на шинах не нормируется. Это позволяет установить РПН в максимальное положение и повысить напряжение в конце линии. Рисунок 3 демонстрирует снижение нагрузки и, соответственно, увеличение напряжения в обеденный перерыв с 12.00 до 13.00.

К узлам нагрузки ВЛ 0,4 кВ, к которым подключена нагрузка, необходимо обеспечить напряжение $0,38 \text{ кВ} \pm 5\%$ [1].

Данные измерений учитывались по расчету потерь в ВЛ 0,4 кВ.

Падение напряжения в трехфазной линии электропередачи могут быть определены по формуле

$$\Delta U_p = \frac{\sqrt{3} I_p L (R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi) 100}{n U_{НОМ}} \quad (1)$$

где I_p – расчетный ток линии, А;

- L – длина линии, м;
- R_0 – удельное активное сопротивление линии, мОм/м;
- X_0 – удельное индуктивное сопротивление линии, мОм/м;
- $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;
- n – число параллельно проложенных проводников;
- $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение сети, В.

Расчет выполняется при следующих допущениях:

- на ВЛ W3, W4 подключены осветительная нагрузка, посты охраны, плавучие пожарные станции (ППС) (рисунок 2);

- однофазная нагрузка приводится к трехфазной (усредняется), перекос напряжений не учитывается;

- расчет ВЛ W3, W4 выполняется для режима ночь и аварийного режима при работе ППС, причем считаем, что работают сразу все ППС (на практике одновременно могут работать от 2 до 3 ППС);

- на ВЛ W5, W6 установлены пункты подключения судов, используются узлы нагрузки в опорах 9, 11, 13, 20, 24, нагрузка подключенных судов определена из опыта эксплуатации ВЛ 0,4 кВ и журнала регистрации подключений.

Опыт эксплуатации и расчеты показывают недопустимый уровень снижения напряжения в точках подключения судов за счет больших сетевых потерь.

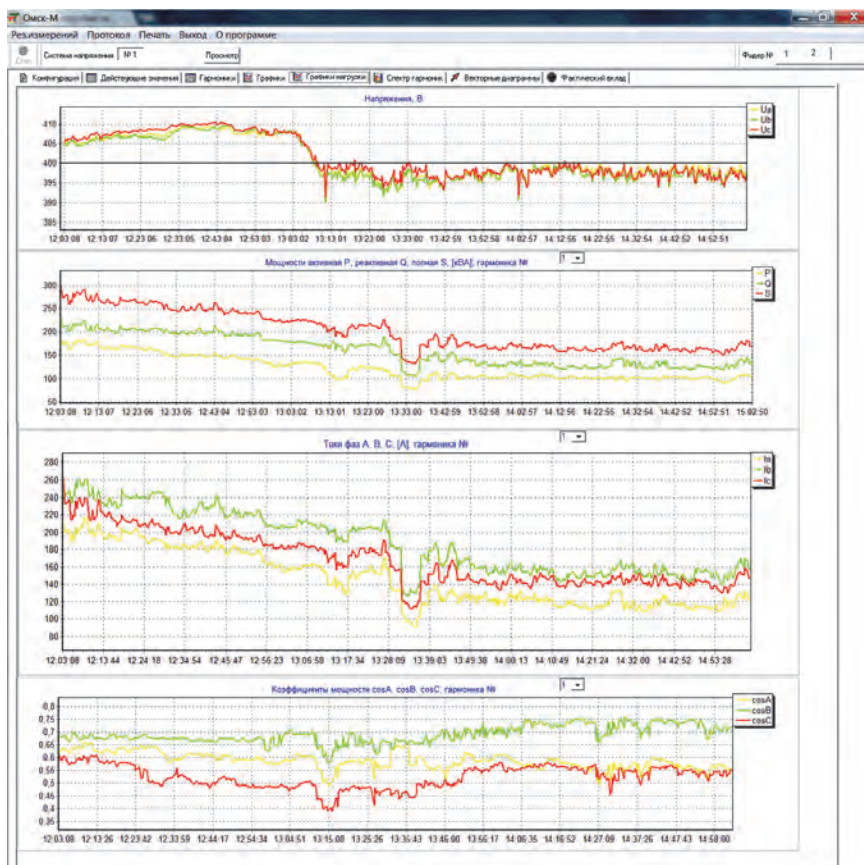


Рисунок 3 – Фрагмент осциллограммы напряжения и активной мощности на шинах 0,4 кВ подстанции ТП 4 в период разоружения флота

Таблица 1 – Расчетные мощности потребителей электроэнергии подключаемых к ВЛ 0,4 кВ.

Потребитель	Расчетная мощность, кВт	$\cos \varphi$
Однофазные электроприемники		
Светильник уличного освещения ДРЛ 250	0,25	0,67
Пост охраны	5,00	0,9
Трехфазные электроприемники		
Плавучая пожарная установка	4,00	0,8
Танкер проекта 866	5,00	0,8
Танкер проекта 1751	7,00	0,8
Танкер проекта Р77	15,00	0,8
Буксир-толкач проекта 1741	10,00	0,8
Сухогруз «Беломорский»	10,00	0,8

Для обеспечения нормируемых значений напряжения необходимо провести ряд организационных и технических мероприятий:

- проложить дублирующую линию электропередачи;
- равномерно распределить нагрузку по участкам;
- предусмотреть компенсацию реактивной мощности для участков с низким коэффициентом мощности.

ентом мощности;

– организовать контроль за потреблением электрической мощности судами в соответствии с расчетными значениями для типовых проектов судов. Оснастить пункты подключения судов электронными средствами контроля, регистрации и передачи данных о потреблении электроэнергии, для судов сторонних организаций предусмотреть штрафные санкции за превышение потребления электроэнергии;

– выполнить статистический анализ графиков потребления электроэнергии и распределения мощности вдоль линии электропередачи. Определить вероятность нагрузок, снижения напряжения, появления кондуктивных электромагнитных помех по длительному отключению, провалам напряжения.

– разработать методику обеспечения качества напряжения в береговой сети 0,4-10 кВ при подключении судов в период ремонта и разоружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2014-07-01. -М.: Стандартинформ, 2014. -20 с.

2 Российский Речной Регистр: правила / отв. за вып. Н.А. Ефремов. -М.: Рос. Реч. Регистр, 2009. Т.3. -454 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *снижение напряжения, сетевые потери, дублирующая линия электропередачи, компенсация реактивной мощности, вероятность нагрузок, береговая сеть*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Вишнягов Михаил Геннадиевич, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Руппель Елена Юрьевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

Клеутин Владислав Иванович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО

«СГУВТ»

Сидоренко Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО

«СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

644080, г.Омск, пр.Мира, 5, ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.И. Антонов, С.В. Горелов, Д.А. Зубанов, А.А. Руппель,
В.Г. Сальников, А.А. Сидоренко**

IMPROVING THE EFFICIENCY OF GAS TURBINE POWER PLANTS ON WATER TRANSPORT

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
Siberian state university of water transport

A.I. Antonov, S.V. Gorelov, D.A. Zubanov, A.A. Ruppel, V.G. Sal'nikov, A.A. Sidorenko

Experience has shown the need to improve the effectiveness of GPES, which will shorten the payback time and expand the scope of their implementation. In the article on the example of a cogeneration unit «Viessmann Vitoblok GG402», established in the Omsk SSRZ the main directions and objectives of the study power system at Omsk SSRZ optimize the GPES, the analysis of load curves and determined the power reserve GPES.

Keywords: power quality, power systems, emergency power supply, cost of electricity generated, load factor

Опыт эксплуатации показывает необходимость повышения эффективности работы газопоршневых электростанций (ГПЭС), что позволит сократить срок окупаемости и расширить область их внедрения. В статье на примере когенерационной установки «Viessmann Vitoblok GG402», установленной в Омском ССРЗ сформулированы основные направления и цели исследования электроэнергетической системы Омского ССРЗ при оптимизации работы ГПЭС, выполнен анализ графиков нагрузки и определен резерв мощности ГПЭС.

В настоящее время в рамках мероприятий по энергосбережению на промышленных предприятиях, в том числе предприятиях водного транспорта, постепенно внедряются газопоршневые электростанции (ГПЭС), что повышает эффективность тепло- и электроснабже-

ния за счет использования более дешевого энергоносителя – природного газа. Однако высокая стоимость данных установок обуславливает длительный срок окупаемости проекта. Опыт эксплуатации показывает необходимость повышения эффективности работы ГПЭС, что позволит сократить срок окупаемости и расширить область их внедрения.

В качестве объекта исследования был принят Омский ССРЗ.

Основное электроснабжение Омского ССРЗ осуществляется от общей системы электроснабжения по линии 35 кВ, подключенной через понижающий трансформатор ТМ 1000 35/10 к секции 1 ГПП. Резервное электроснабжение осуществляется по линии 10 кВ, подключенной к секции 2 ГПП.

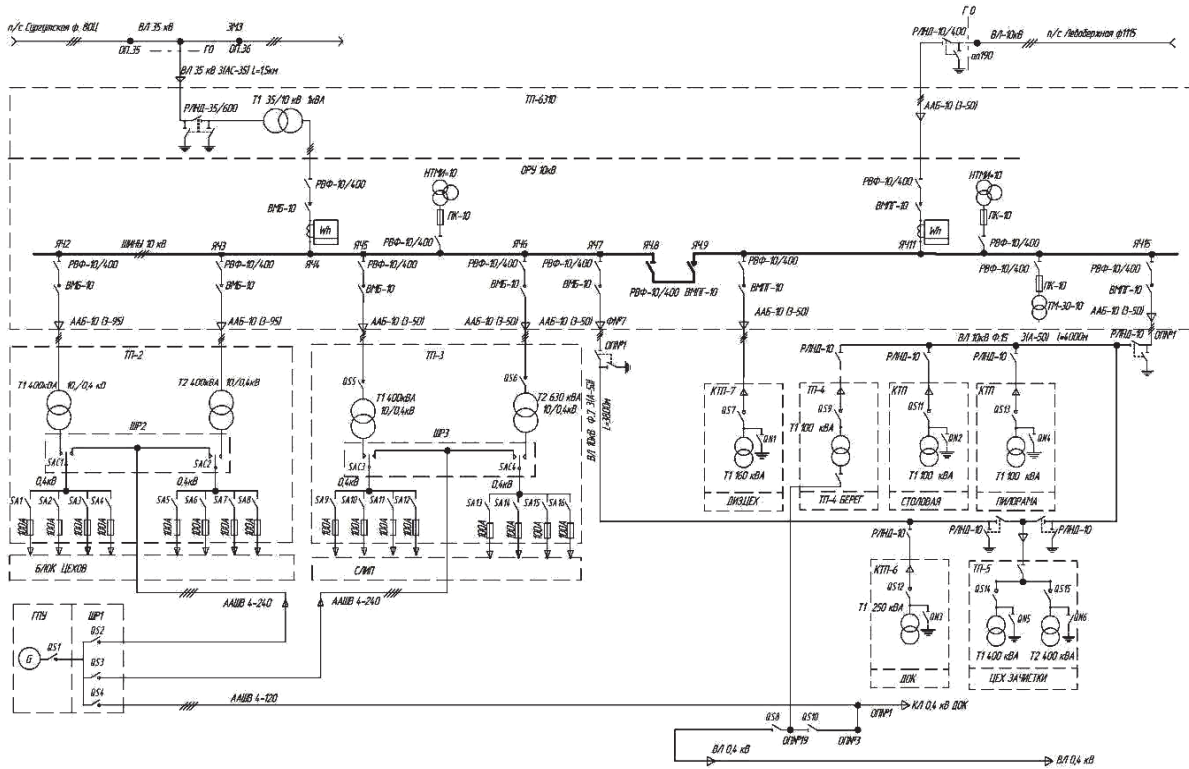


Рисунок 1 – Схема электроснабжения Омского ССРЗ

В нормальном режиме работы секционный выключатель ГПП замкнут. Таким образом, образуется единая система шин 10 кВ, к которым подключены цеховые ТП, понижающие напряжение до 0,4 кВ. Схема электроснабжения представлена на рисунке 1.

Исключение составляет цех пропарки судов, удаленный от предприятия на три километра. Его электроснабжение осуществляется воздушной линией 10 кВ от шин ГПП.

На предприятии установлена когенерационная установка «Viessmann Vitoblok GG402» электрической мощностью 402 кВт и тепловой мощностью 563 кВт. Установка оснащена устройствами дистанционного контроля, управления и диспетчеризации. Установка эксплуатируется в холодное время года, а также может использоваться как аварийный источник электроснабжения предприятия.

К ГПЭС в период её работы

Таблица 1 – Технические характеристики когенерационной установки «Viessmann Vitoblok GG402»

Двигатель	MAN E 2842 LE322
Конфигурация цилиндров	12 V-образный
Диаметр цилиндра/ход поршня, мм	128/142
Рабочий объем, л	21,93
Частота вращения, об./мин	1500 (50 Гц)
Электрическая мощность, кВт	402
Тепловая мощность, кВт	563
Расход топлива, МВт	1,07
Электрический КПД, %	37,50
Тепловой КПД, %	52,50
Общий КПД, %	90,00
Токовая характеристика (cos φ)	0,71
Уровень шума (на расстоянии 1 м), дБ	73,00
Интервал обслуживания (тыс. часов работы)	1,00
Капитальный ремонт после (тыс. часов работы)	50,00

подключаются ТП2 и ТП3, питание подводится по отдельным кабельным линиям ААШВ 4×120.

Также следует отметить специфику формирования электрических нагрузок для предприятия с учетом его профиля.

Во-первых, аналогично промышленным предприятиям можно выделить летний и зимний графики нагрузок.

Во-вторых, максимумы нагрузок, сформированные периодами массового вооружения (разоружения) и ремонта судов.

За период эксплуатации ГПЭС отмечались существенные колебания напряжения в электрической сети 0,4 кВ, несколько раз пиковые перегрузки стали причиной отключения генератора. Частично эта проблема была решена персоналом предприятия при переключении наиболее мощных потребителей на питание от сети энергосистемы и снижением загрузки генератора ГПЭС.

В общем случае ГПЭС характеризуются относительно низким значением мощности трехфазного короткого замыкания (КЗ). В связи с этим нелинейные и резкопеременные нагрузки оказывают существенное искажающее воздействие на напряжение сети. В свою очередь, это влияние оказывается основным возмущающим фактором, источником кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП) в электрических сетях, что представляет реальную опасность снижения надежности и экономичности работы электроприемников. Решение о снижении загрузки генератора позволяет частично покрыть мощности пиковых нагрузок, в том числе и за счет перегрузочной способности генератора и ГПЭС. Данное решение позволяет предотвратить перегрузку электростанции, снизить колебания и провалы напряжения в электрической сети при бросках потребляемой реактивной мощности, возникающих при пуске относительно мощных электроприемников [1].

Однако резервирование генераторной мощности снижет коэффициент загрузки ГПЭС, то есть не позволяет максимально использовать её мощность. Учитывая то, что расход газа при неполной загрузке генератора снижется незначительно, не удастся получить максимальную экономическую эффективность от работы ГПЭС.

Другими словами, себестоимость выработанной электроэнергии $S_{эл}$ при снижении загрузки ГПЭС будет увеличиваться, а при увеличении коэффициента загрузки будет уменьшаться [2].

$$S_{эл} = \frac{\mathcal{E}_{общ}^{эл}}{W_{эл}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{общ}^{эл}$ – общие эксплуатационные расходы на генерацию электроэнергии в эксплуатации за ед. времени (месяц, год), руб.;

$W_{эл}$ – количество полученной электроприёмниками электроэнергии, кВт·ч.

В свою очередь, нарушения качества напряжения могут стать причиной отказов электрооборудования, средств автоматики и связи, вычислительной техники, что приведет к дополнительным экономическим ущербам [2].

В общем случае, в качестве критерия сравнительной экономической эффективности при решении оптимизационной задачи синтеза эффективной системы электроснабжения можно принять приведенные годовые затраты [2]

$$Z_e = K + C_e + Y_n + Y_k = \min, \quad (2)$$

где K – капитальные затраты или инвестиции, тыс. руб.;

C_e – годовые эксплуатационные издержки, тыс. руб.;

Y_n – математическое ожидание убытков объекта от перерывов в электроснабжении, тыс. руб.;

Y_k – математическое ожидание убытков от кондуктивной ЭМП по отклонению и провалам напряжения, тыс. руб.;

r – реальная ставка дисконтирования, отн. ед., определяется по формуле

$$r = \frac{E_n - b}{1 + b}, \quad (3)$$

E_n – номинальная процентная ставка, которая в расчетах принимается в размерах ставки рефинансирования Центрального банка России, отн. ед.;

b – средний годовой уровень инфляции, отн. ед.

Неопределенность решения этой задачи обуславливается отсутствием данных о величинах Y_n и Y_k . Однако, при решении задачи (2) недопустимо следующее неравенство

$$Y_n + Y_k \geq rK + C_e \quad (4)$$

Минимальные значения математических ожиданий Y_n и Y_k наблюдаются в системах электроснабжения с нормальной электромагнитной обстановки и нормируемыми уровнями электромагнитной совместимости.

Для таких систем оптимизационная задача является корректно поставленной потому, что удовлетворяет условиям:

– для всех исходных данных

$$\begin{cases} K_i \in K; \\ C_{ei} \in C_e; \\ Y_{ni} \in Y_n; \\ Y_{ki} \in Y_k; \\ rK + C_e > Y_n + Y_k, \end{cases} \quad (5)$$

существует решение

$$Z_{ei} \in Z_e; \quad (6)$$

– решение однозначно;

– задача устойчива на пространствах при номинальной процентной ставке $E_H = 0,15$ и уровне инфляции $b = 13\%$.

Исходя из перечисленного выше, можно сформулировать основные направления и цели исследования электроэнергетической системы Омского ССРЗ при оптимизации работы ГПЭС:

– Экспериментально получить графики электрических нагрузок на шинах 0,4 кВ трансформаторных понижающих подстанций (ТП) подключенных к ГПЭС в наиболее загруженную смену в летний и зимний период, периоды массового вооружения (разоружения) и ремонта судов.

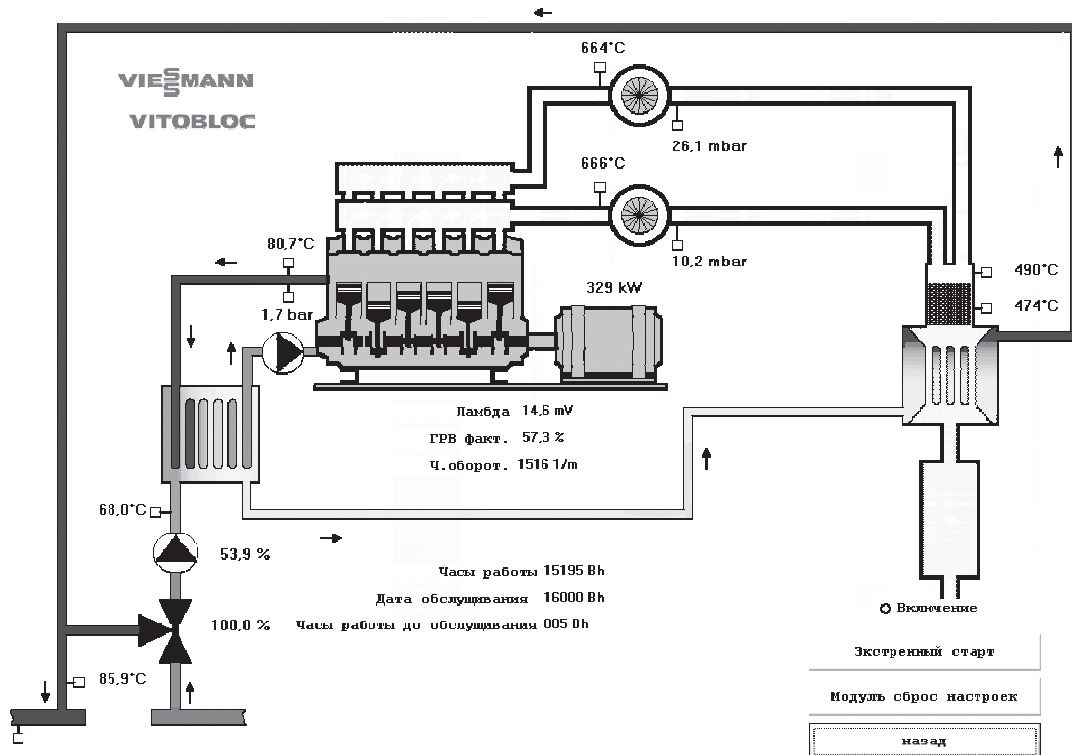


Рисунок 2 – Рабочий интерфейс SCADA системы когенерационной установки «Viessmann Vitoblok GG02»

– Проверить качество электроэнергии на соответствие требованиям ГОСТ 32144-2013, РД 54145-2010, по медленным изменениям, колебаниям и провалам напряжения в сети

0,4 кВ для потребителей, подключенных к ГПЭС.

– Выполнить статистическую оценку коэффициента загрузки ГПЭС.

– Разработать рекомендации: по обеспечению помехоустойчивости в электрической сети 0,4 кВ при работе ГПЭС; повышению коэффициента загрузки ГПЭС.

На Омском ССРЗ анализ графиков нагрузки выполнялся по данным регистраторов SCADA системы когенерационной установки «Viessmann Vitoblok GG02» (рисунок 2).

Для разработки рекомендаций по повышению эффективности выполнен статистический анализ полученных графиков нагрузки ГПЭС с использованием программы Statistica 6.0, который показал, что математическое ожидание активной мощности нагрузки $M[P_n] = 158$ кВт, среднее квадратичное отклонение $\sigma[P_n] = 33,88$ (рисунок 3,а), математическое ожидание коэффициента загрузки $M[K_3] = 39,43\%$, среднее квадратичное отклонение $\sigma[K_3] = 8,46$ (рисунок 3б).

Результаты исследований показывают, что необходимо повышать коэффициент загрузки ГПЭС, что приведет к снижению себестоимости электроэнергии, за счет снижения удельного расхода газа на кВт·ч.

Оптимальным считается для поршневых двигателей генераторов $K_3 = 0,7-0,8$ [2]. Таким образом, ГПЭС имеет резерв неиспользованной мощности не менее 160 кВт.

Установленный резерв мощности может быть минимизирован при перераспределении электрической нагрузки на секциях ТП, подключенных к ГПЭС.

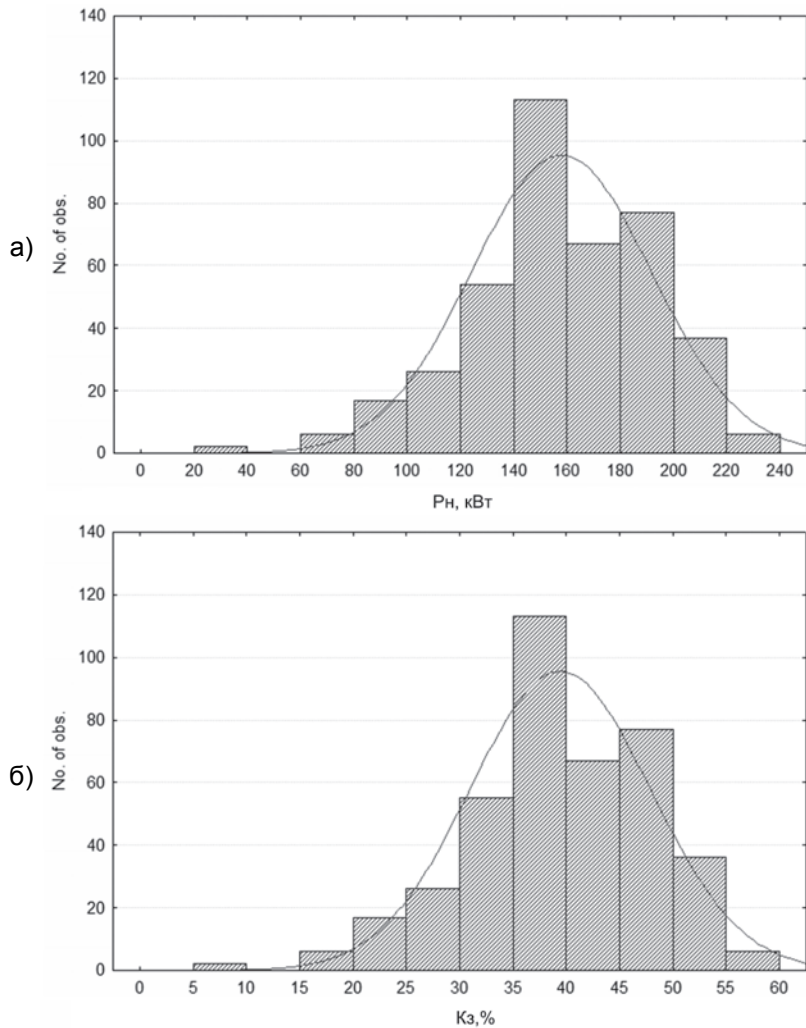


Рисунок 3 – Гистограммы нагрузки ГПЭС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электрических сетях 6-10 кВ: монография / Е.В. Иванова, А.А. Руппель; под ред. В.П. Горелова. -Омск: Омск. фил. Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2004. -284 с.
 2 Иванова, Е.В. Выбор эффективной системы электроснабжения общего назначения береговых объектов речного транспорта / Е.В. Иванова, А.А. Руппель, А.А. Сидоренко // Электромагнитная совместимость технических средств в электрических сетях: тр. респ. науч.-техн. сем-ра, 23-24 окт. 2003 г. -Павлодар: ПГУ, 2004. -№1. -С. 199-204.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: показатели качества электроэнергии, системы электроснабжения, аварийный источник электроснабжения, себестоимость выработанной электроэнергии, коэффициент загрузки

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Антонов Александр Игоревич, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Зубанов Дмитрий Александрович, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Руппель Александр Александрович, канд. техн. наук, профессор ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Сидоренко Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНДУКТИВНОЙ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ПОМЕХИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин,
М.Г. Вишнягов, А.А. Руппель**

DETERMINATION CONDUCTIVE LOW-FREQUENCY INTERFERENCE VOLTAGE ASYMMETRY COEFFICIENT ON THE INVERSE-SEQUENCE

Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
Siberian state university of water transport

A.I. Antonov, Ju.M. Denchik, D.A. Zubanov, V.I. Kleutin, M.G. Vishnyagov, A.A. Ruppel

Described spent probationer, tanie CJSC «Plant portenforcement details». A method for processing the results of researching exponents quality of electric energy by means of a prosoftware product in a development environment LabVIEW. The analysis of the corresponding coefficient of asymmetry of voltage in the reverse order liteyrated portion of the enterprise requirements of GOST 32144-2013.

Keywords: power quality, voltage unbalance ratio, power systems, software, waveform voltage, histogram of distribution values

Описано проведенное испытание на ЗАО «Завод соединительных деталей». Описан способ обработки результатов исследований показателей качества электрической энергии средствами программного продукта в среде разработки LabVIEW. Произведен анализ соответствия коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности на литейном участке предприятия требованиям ГОСТ 32144-2013.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013 характеризует несимметрию напряжений в трёхфазных трёхпроводных электрических сетях как уровень электромагнитной совместимости (ЭМС) для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП) в системах электроснабжения общего пользования коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности в процентах. Основной причиной несимметричных режимов являются различные условия работы фаз. Такие режимы возникают из-за несимметрии источников тока; из-за неполнофазных режимов работы элементов электрической сети (продольная несимметрия); из-за значительных несимметричных нагрузок по фазам (поперечная несимметрия) [1].

Для обеспечения ЭМС электрических сетей общего назначения и сетей потребителей необходимо иметь достоверную информацию о кондуктивных низкочастотных ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, которые характеризуют искажения, обусловленные несимметрией напряжения. Достоверная информация об обеспечении качества электроэнергии в электрических сетях общего назначения получается при проведении определённых испытаний и их анализа. Испытания должны быть подкреплены алгоритмом определения кондуктивной ЭМП, в нашем случае по коэффициенту несимметрии по обратной последовательности. Данный показатель качества электроэнергии (КЭ) характеризует искажения, обусловленные несимметрией напряжения в электрических сетях.

Согласно [2] установлены следующие уровни ЭМС электрических сетей общего назначения для кондуктивной низкочастотной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности: значения данного показателя КЭ в точке передачи электрической энергии, усреднённые в интервале 10 мин не должны превышать 2% в течение 95% времени интервала и 4% в течение 100% времени интервала в одну неделю. Уровень значений кондуктивной низкочастотной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности, равный 2% будем считать нормально допустимым, равный 4% – предельно допустимым.

Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности K_{2U} может быть рассчитан по формуле

$$K_{2U} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} 100; \quad (1)$$

$$\beta = \frac{U_{12fund}^4 + U_{23fund}^4 + U_{31fund}^4}{(U_{12fund}^2 + U_{23fund}^2 + U_{31fund}^2)^2},$$

где U_{ijfund} – основная составляющая напряжения между фазами i и j .

Величина K_{2U} в ЭЭС зависит от множества различных случайных событий и является непрерывно распределённой случайной величиной. Этот коэффициент связан с полем событий, характеризуется таблицей вероятностей

$$\begin{pmatrix} K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Uj}, \dots, K_{2Un} \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Процесс возникновения кондуктивной низкочастотной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности представляется математической моделью

$$K_{2U} \left[\begin{array}{l} P(K_{2UH} < K_{2U} < K_{2UN}) > 0,05; \\ P(K_{2UN} < K_{2U} < \infty) \neq 0 \end{array} \right] \subseteq \delta K_{2U}. \quad (3)$$

где δK_{2U} – кондуктивная низкочастотная ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности, %;

K_{2UH} – вероятность выхода ЭМП за нормально допустимое значение, %;

K_{2UN} – вероятность выхода ЭМП за предельно допустимое значение, %.

Эта помеха появляется в электрической сети тогда, когда вероятность нахождения её в течение определённого интервала времени в пределах от 2% до 4% превышает 0,05, а более 4% отлична от 0. Выполнение только одного условия также обуславливает появление данной помехи.

При этом вероятность возникновения кондуктивной ЭМП, нормируемого коэффициентом несимметрии напряжения по обратной последовательности можно представить следующей математической моделью

$$P(\delta K_{2U}) = P(K_{2U(n)} < K_{2U} < K_{2U(n)}) + P(K_{2U(n)} \leq K_{2U} \leq \infty) - 0,05. \quad (4)$$

На основании этого предложен алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности, состоящий из следующих пунктов:

- измерение коэффициента K_{2U} в течение расчётного времени;
- определение закона распределения значений δK_{2U} как случайной величины теории вероятностей и математической статистики;
- расчёт параметров закона распределения величины δK_{2U} : $M[\delta K_{2U}]$, $\sigma[\delta K_{2U}]$;
- определение вероятности появления исследуемой помехи $P(\delta K_{2U})$ за расчётный период.

Для исследования качества функционирования сети по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности проведено исследование на литейном участке промышленного предприятия. Структура литейного участка промышленного предприятия представлена на рисунке 1 [3].

Объект исследования состоит из источника питания напряжением 10 кВ, силового понижающего трансформатора ТМЗ 1000-10/0,4, четырех трансформаторов ОЭСК 250/40, четырех установок электрошлакового литья с дуговым способом нагрева, работающие при напряжении 42 В, каждая мощностью 5 кВ·А и стационарной печи закалки, мощностью 120 кВт, способ нагрева - сопротивление. Каждая из литейных установок работает на 2-х фазах, как и силовые трансформаторы, а печь закалки работает на 3-х фазах. При этом явно прослеживается наличие несимметричных нагрузок потребителей электрической энергии, что, согласно [2] ведет за собой появление коэффициента несимметрии по обратной последовательности.

Для проведения исследования использовался измерительно-вычислительный комплекс «Омск-М». Обработка результатов измерений производилась при помощи прикладываемого к комплексу программного обеспечения (программа Омск-М) и программного продукта «Об-

работка экспериментальных данных показателей качества электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности», благодаря которому рассчитаны параметры закона распределения исследуемой величины, а также определены вероятности появления кондуктивной электромагнитной помехи за расчетный период. Программный продукт разработан в среде разработки Lab VIEW [4].

На рисунке 2 представлена осциллограмма изменения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности.

Из осциллограммы видно, что на некоторых промежутках времени значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности выходят за пределы нормально допустимого значения, то есть за 2%. Причем установлено, что эти выходы за пределы нормально допустимого значения происходят в момент работы самих литейных установок согласно графику работы предприятия.

На рисунке 3 показана гистограмма распределения значений коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности. При выполнении статистической обработки результатов измерений случайная величина коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности dK_{2U} представляется в виде гистограммы, в которой число квантилей выбирается таким образом, чтобы граница квантиля совпадала с границей нормируемого значения, а их количество было минимальным для заданной точности расчета [5]. Число квантилей гистограммы в данном случае выбрали равным 10. При этом видно, что имеет место наличие определенного процента вероятности распределения значений за 2%.

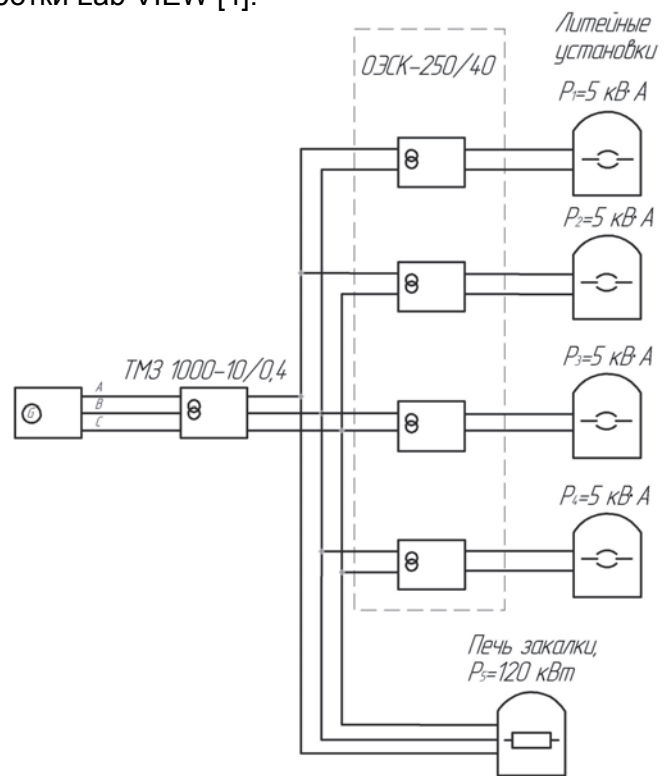


Рисунок 1 – Структура литейного участка промышленного предприятия

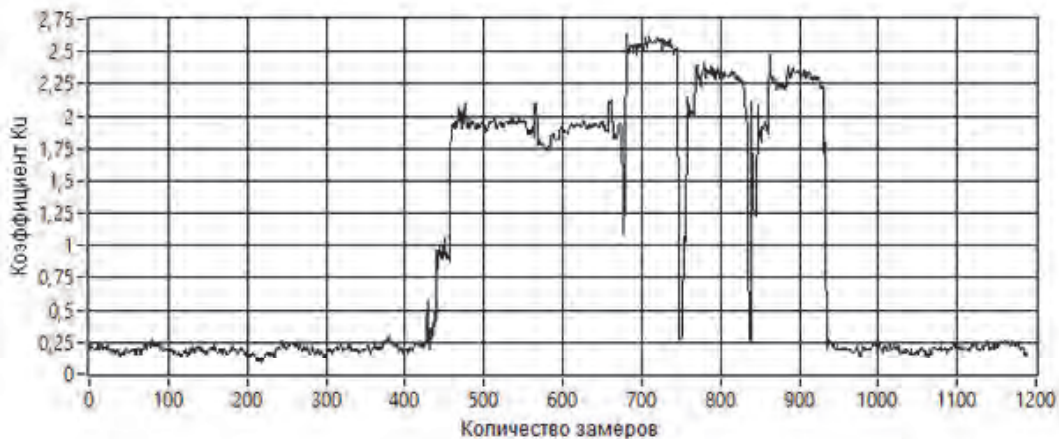


Рисунок 2 – Осциллограмма изменения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности

Параметры распределения коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности вычислены с помощью программного продукта и составляют:

- математическое ожидание $M[K_{2U}] = 0,956\%$;
- среднее квадратическое отклонение $\sigma[K_{2U}] = 0,939\%$;
- относительное значение времени превышения нормально допустимого значения ко-

эфициента $K_{2U,H} T_1 = 18,89\%$;

– относительное значение времени превышения предельно допустимого значения ко-
эфициента $K_{2U,П} T_2 = 0,0\%$;

– вероятность выхода за нормально допустимое значение $K_{2U,H} = 18,89\%$;

– вероятность выхода за предельно допустимое значение $K_{2U,П} = 0\%$;

– вероятность появления кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряже-
ния по обратной последовательности $P(\delta K_{2U}) = 0,13$.

Интерфейс программного продукта с получен-
ными значениями представлен на рисунке 4.

Таким образом, по результатам исследования
можно сделать следующие выводы:

– с помощью программного продукта обработа-
ны результаты экспериментального исследования
кондуктивной низкочастотной помехи по коэффициен-
ту несимметрии напряжения по обратной последо-
вательности и получены его параметры распреде-
ления;

– качество функционирования исследуемой се-
ти по коэффициенту несимметрии напряжения по
обратной последовательности характеризуется кон-
дуктивной ЭМП, которая представляется с вероят-
ностью 0,95 математическим ожиданием
 $M[\delta K_{2U}] = 0,956\%$ и средним квадратическим откло-
нением $\sigma[\delta K_{2U}] = 0,939\%$;

– вероятность появления кондуктивной ЭМП
(0,1389) превышает допустимую вероятность пре-
вышения коэффициентом K_{2U} нормально допусти-
мого значения (0,05) в 2,778 раза.

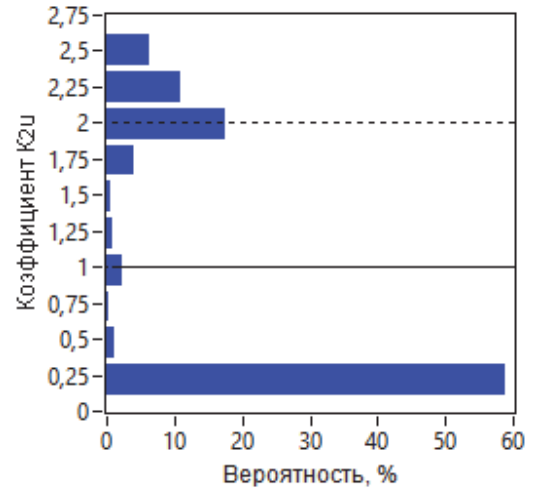


Рисунок 3 – Гистограмма
распределения значений
коэффициентов несимметрии
напряжения по обратной
последовательности

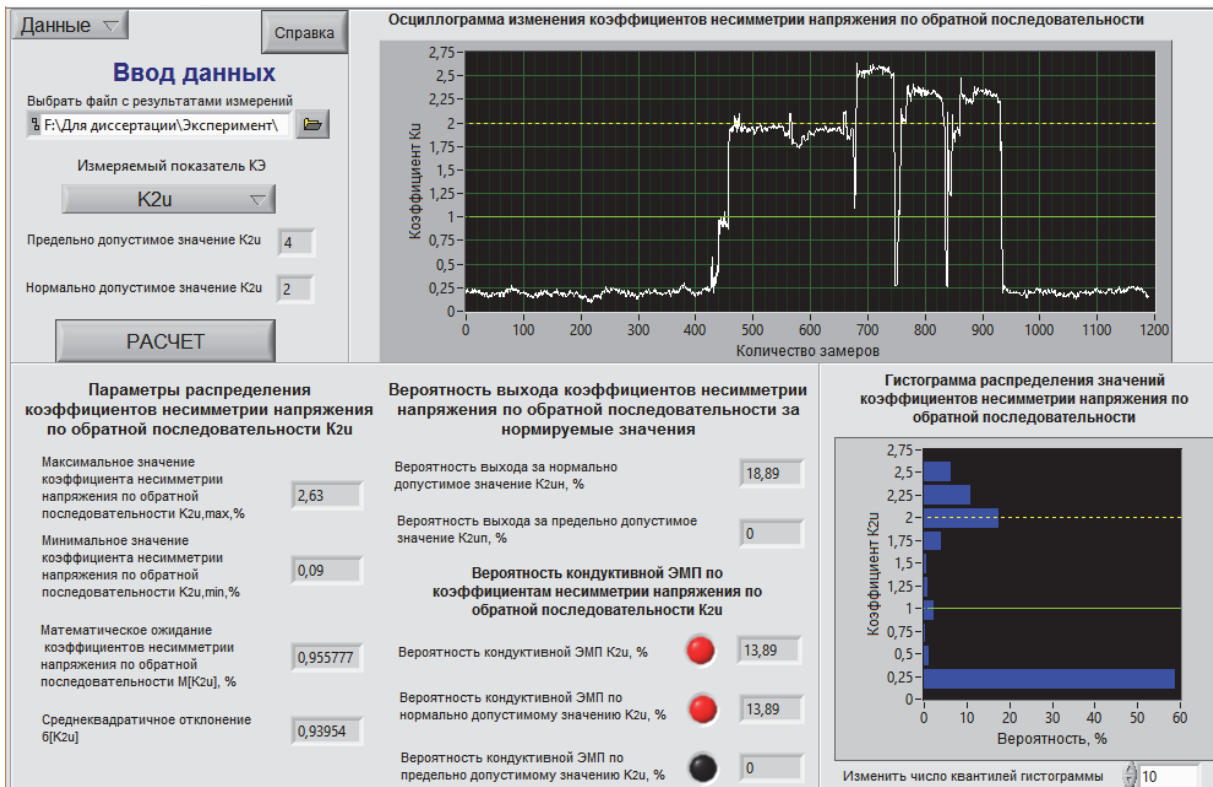


Рисунок 4 – Интерфейс программного продукта «Обработка экспериментальных данных показателей качества электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжения по обратной последовательности»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Данилов, Г.А. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников. Под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.

2 ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2014-07-01. -М.: Стандартиформ, 2014. -20 с.

3 ГОСТ 2.745-68. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические (с Изменениями N 1, 2) -М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. -8 с.

4 Зубанов, Д.А. Обработка результатов экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии средствами программы labView / Д.А. Зубанов, В.И. Клеутин, А.А. Сидоренко и др. // Сб. научн. тр. Омск. ин-та водн. трансп. - 2012. -№10. -С. 118-122.

5 Антонов, А.И. Порядок обработки результатов экспериментальных исследований на соответствие отклонения напряжения требованиям ГОСТ 32144-2013/ А.И. Антонов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов, А.А. Руппель // Омск. научн. вестн. -2015. - №2(140). -С. 163-166.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *показатели качества электроэнергии, коэффициент несимметрии напряжения, электро-энергетические системы, программный продукт, осциллограмма напряжений, гистограмма распределения значений*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Антонов Александр Игоревич, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Зубанов Дмитрий Александрович, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Клеутин Владислав Иванович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Вишнягов Михаил Геннадиевич, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Руппель Александр Александрович, канд. техн. наук, профессор ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ. ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» филиал «Тобольский индустриальный институт»**

Д.Н. Плотников, Б.В. Палагущкин, Е.Г. Алаев, Г.В. Иванов, А.Ю. Кузнецов

CLASSIFICATION AND CHARACTERISTICS OF LOADS AND IMPACTS. BACKGROUND USE OF ACOUSTIC MONITORING OF METAL STRUCTURES

**Siberian state university of water transport
Branch of Tyumen state oil and gas university in Tobolsk
D.N. Plotnikov, B.V. Palagushkin, E.G. Alaev, G.V. Ivanov, A.Yu. Kuznetsov**

This article describes the main types of loads acting on the metal structure.

Keywords: load, ultrasound, metal, voltage

Приведены основные виды нагрузок, действующие на металлические конструкции.

Проблемы динамики и прочности конструкций и машин на основе определения статических и динамических номинальных и локальных напряжений от эксплуатационных нагрузок существуют в различных отраслях народного хозяйства. В качестве основополагающих критериев материальных параметров деформативности и прочности конструкционных материалов последовательно использовались характеристики прочности и пластичности материала, характеристики циклической прочности в области обычной и малоциклового усталости, характеристики высокотемпературной длительной прочности и ползучести, а также характеристики линейной и нелинейной механики разрушения. Одной из важнейших задач при решении проблем обеспечения прочности, ресурса и безопасности современных мощных установок и машин всегда являлось определение напряженно-деформированных состояний (НДС) несущих элементов конструкций при эксплуатации [1-7].

Проблемы технической диагностики в настоящее время особенно актуальны, так как большинство работающих конструкций и машин эксплуатируются многие годы и на предельных режимах в таких отраслях как железнодорожная, автодорожная, нефте-

газоперекачивающая. Кроме того, существует большое количество отраслей, где необходим регулярный тщательный контроль за состоянием материала – это в первую очередь авиация и атомная энергетика.

В современной технике методы контроля качества довольно хорошо разработаны для отдельных узлов и машин, но требуется более интенсивное их развитие для применения на уровне конструкций в целом.

Акустические методы уже давно и успешно используются в исследованиях по физике твердого тела. С их помощью проводится изучение физических свойств и строения твердых тел в широком диапазоне частот упругих колебаний. Электронная структура металлов и сплавов, природа фазовых переходов, структура и свойства дефектов - вот краткий перечень тех вопросов, сведения о которых могут быть получены с помощью современных акустических методов.

Распространение упругих волн в твердых телах характеризуется скоростью этих волн. Скорость распространения ультразвуковых волн в твердых телах функционально связана с их модулями упругости, которые в свою очередь определяются силой взаимодействия между соседними атомами в кристаллической решетке. С изменением межатомных расстояний при пластическом деформировании, изменяются силы взаимодействия между атомами и соответственно модули упругости, что влечет за собой изменение скорости ультразвука в этих материалах.

Исследование пластической деформации твердых тел с использованием методики распространения ультразвуковых волн позволяет исследовать процессы деформирования, а также изучить изменение закономерностей распространения упругих волн в деформируемых твердых телах.

К настоящему времени хорошо изучены и широко применяются методы диагностики поликристаллов основанные на явлении внутреннего трения, проявляющегося в зависимости от затухания и скорости распространения акустических волн от ее амплитуды. В работах Труэла, Эльбаума, Кардашева, Лебедева, исследовались монокристаллы чистых металлов в начальной области деформаций [8-12]. Изучение эффектов внутреннего трения направленно на исследование дислокационной структуры поликристалла, определения плотности дислокаций, характера их взаимодействия с примесными атомами. Результаты интерпретировались на основе дислокационной теории поглощения ультразвука, и показали, что изменения скорости ультразвука связаны с колебаниями дислокаций. Но применение хорошо разработанных методов внутреннего трения для контроля механических свойств и структуры материала весьма затруднительно из-за методических особенностей: необходимость приготовления специальных образцов и сложность интерпретации результатов.

Измерить же скорость ультразвука, легко даже в реальных изделиях. Металлические конструкции и детали машин в процессе эксплуатации подвергаются действию переменных во времени механических нагрузок, которые могут стать причиной изменения структуры металла и накопления микродефектов, а, следовательно, образования макродефектов, зарождения трещин и разрушения изделия. Используемые методы и приборы дефектоскопии имеют существенные ограничения для обнаружения таких изменений. Ультразвуковые, электромагнитные, вихревые дефектоскопы позволяют выявить только наличие уже образовавшихся достаточно крупных трещин. Однако существенно важнее вовремя обнаружить подготовительный этап процесса, связанный с накоплением повреждаемости в металле, а именно стадию накопления дефектности - образование атомных микротрещин, которые не обнаруживаются традиционными методами и серийными приборами. Для решения такой задачи можно воспользоваться акустическим методом, основанным на изменении скорости звука в металле в зависимости от структуры и накопления микродефектов при эксплуатации под действием циклически меняющихся нагрузок или температуры. При эксплуатации металлических конструкций тяжело нагружаемого оборудования в материале наблюдается неравномерное распределение напряженных областей, что приводит к необратимой деформации и, как следствие, к образованию микротрещин их росту вплоть до макроразрушения.

Контроль состояния металла, как при строительстве, так и в процессе эксплуатации достаточно сложен и трудоемок, а также зачастую, невозможен, так как необходимо вырезать куски металла из работающей конструкции для лабораторных исследований [12].

Под предельными состояниями подразумевают такие состояния, при которых конструкции перестают удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям или требованиям при производстве работ. В расчетах конструкций на действие статических и динамических

нагрузок и воздействий, которым они могут подвергаться в течение строительства и заданного срока службы, учитываются следующие предельные состояния: первой группы - по потере несущей способности или полной непригодности к эксплуатации конструкций; второй группы - по затруднению нормальной эксплуатации сооружений.

К предельным состояниям первой группы относятся: общая потеря устойчивости формы; потеря устойчивости положения; разрушение любого характера; переход конструкции в изменяемую систему; качественное изменение конфигурации; состояния, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации в результате текучести материала, сдвигов в соединениях, ползучести, недопустимых остаточных или полных перемещений или чрезмерного раскрытия трещин.

Первая группа по характеру предельных состояний разделяется на две подгруппы: по потере несущей способности (первые пять состояний) и по непригодности к эксплуатации (шестое состояние) вследствие развития недопустимых по величине остаточных перемещений (деформаций).

К предельным состояниям второй группы относятся состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию или снижающие долговечность, вследствие появления недопустимых перемещений (прогибов, осадок, углов поворота, колебаний, трещин и т. п.).

Предельные состояния первой группы проверяются расчетом на максимальные (расчетные) нагрузки и воздействия, возможные при нарушении нормальной эксплуатации. Предельные состояния второй группы - на эксплуатационные (нормативные) нагрузки и воздействия, отвечающие нормальной эксплуатации конструкций.

Надежность и гарантия от возникновения предельных состояний конструкции обеспечиваются надлежащим учетом возможных наиболее неблагоприятных характеристик материалов; перегрузок и наиболее невыгодного (но реально возможного) сочетания нагрузок и воздействий; условий и особенностей действительной работы конструкций и оснований; надлежащим выбором расчетных схем и предпосылок расчета, учетом в необходимых случаях пластических и реологических свойств материалов. Поскольку расчетом должна быть обоснована возможность нормальной эксплуатации конструкции в течение всего заданного срока ее службы, это усилие определяется от расчетных нагрузок, представляющих собой возможные наибольшие (при определении несущей способности конструкции (при однократно действующей нагрузке) или наиболее часто повторяющиеся нагрузки (при проверке усталостного разрушения). Эти нагрузки определяют умножением нормативных нагрузок, отвечающих условиям нормальной эксплуатации, на коэффициенты перегрузки, учитывающие возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону (большую или меньшую), и на коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности зданий и сооружений. При одновременном действии двух или нескольких временных нагрузок расчет конструкций по первой и второй группам предельных состояний выполняется с учетом наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок или усилий. Расчетное сопротивление получают делением основной характеристики материала – нормативного сопротивления по пределу текучести или временному сопротивлению разрыву, устанавливаемой стандартами на поставку металла с учетом статистической изменчивости, на коэффициент надежности по материалам, учитывающий выборочный характер контроля и возможность попадания в конструкции металла с пониженными характеристиками.

По времени действия нагрузки и воздействия относятся к постоянным (когда направление, место и время их приложения можно считать неизменными), временным длительным и кратковременным (нагрузки, которые в отдельные периоды строительства и эксплуатации могут отсутствовать) и особым.

К постоянным нагрузкам и воздействиям относятся: вес постоянных частей зданий и сооружений, вес и давление грунтов, воздействие предварительного напряжения.

К временным длительным нагрузкам и воздействиям относятся: вес стационарного оборудования; вес жидкостей и сыпучих материалов в емкостях; давление газов и жидкостей в резервуарах, газгольдерах и трубопроводах; нагрузка на перекрытия складов, библиотек, архивов и подобных помещений, длительные температурные технологические воздействия и т. п.

К кратковременным нагрузкам и воздействиям относятся: атмосферные - снеговые, ветровые, гололедные нагрузки и температурные климатические воздействия; нагрузки от подъемно-транспортного оборудования; нагрузки на перекрытия жилых и промышленных зданий от массы людей, мебели и подобного легкого оборудования; ремонтных материалов

в зонах обслуживания и ремонта оборудования; нагрузки и воздействия, возникающие при перевозке строительных конструкций, монтаже и перестановке оборудования и т. п.

К особым нагрузкам и воздействиям относятся: сейсмические и взрывные воздействия; нагрузки и воздействия, вызываемые неисправностью или поломкой оборудования и резкими нарушениями технологического процесса; воздействия просадок основания, обусловленных коренным изменением структуры грунтов (деформаций просадочных грунтов при замачивании или вечномерзлых грунтов при оттаивании, просадка грунтов в районах горных выработок и карстовых районах).

Нормативные нагрузки. Характеристиками нагрузок являются их нормативные значения, принимаемые на основе статистических данных или по номинальному значению.

Постоянные нагрузки и воздействия. Нормативные значения нагрузок от массы конструкций определяются по данным стандартов и заводов-изготовителей или по размерам, устанавливаемым в процессе проектирования на основе опыта предыдущих проектировок и справочных материалов. Нагрузка от грунтов устанавливается в зависимости от вида грунта и его плотности. Нормативные воздействия предварительного напряжения конструкций устанавливаются в процессе проектирования.

Длительные температурные и другие воздействия на конструкции устанавливают в зависимости от работы оборудования и указывают в проектных заданиях.

Кратковременные нагрузки и воздействия устанавливают в соответствии с действующими инструктивно - нормативными документами. Температурные воздействия, обусловленные изменением температуры окружающего воздуха и солнечной радиации, а также влиянием технологических температур (излучение технологического оборудования и изделий), учитывают при расчете в случае, когда они могут оказать влияние на прочность и деформативность конструкций. При расчете температурные воздействия учитывают в стадии возведения и в стадии эксплуатации конструкций.

Расчет производят:

– на возможную разность температур, возникающую в процессе эксплуатации конструкции с момента ее замыкания в статически неопределимую систему, называемую температурой замыкания;

– на перепад температуры по сечению элемента. Температурные воздействия определяются по СНиП П-6-74 «Нагрузки и воздействия».

Величины сейсмических воздействий устанавливают по нормам в зависимости от балльности района возведения сооружения.

Расчетные нагрузки и коэффициенты перегрузки (надежности по нагрузке). Коэффициенты надежности по нагрузке устанавливают после обработки статистических данных наблюдений за фактическими нагрузками, которые отмечены во время эксплуатации сооружений. Эти коэффициенты зависят от вида нагрузки, вследствие чего каждая нагрузка имеет свое значение коэффициента.

Коэффициенты перегрузки характеризуют только изменчивость нагрузок. Они не учитывают динамического воздействия нагрузки, которое характеризуется специальным коэффициентом динамичности, представляющим собой отношение наибольшего напряжения (прогиба) при динамическом воздействии к напряжению (прогибу) при статическом воздействии той же нагрузки. Коэффициенты не учитывают и перспективного возрастания нагрузки с течением времени, например, возрастания временной нагрузки на подкрановые балки при изменении грузоподъемности кранов и т. п.

Сочетание нагрузок. Нагрузки воздействуют на конструкции не отдельно, а в сочетании друг с другом.

Различают следующие сочетания нагрузок:

– основные сочетания, состоящие из постоянных и временных длительных и кратковременных нагрузок и воздействий;

– особые сочетания, состоящие из постоянных, временных длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок и воздействий.

Согласно главе СНиП П-6-74 «Нагрузки и воздействия», при расчете конструкций на основные сочетания, включающие только одну кратковременную нагрузку, коэффициент сочетания принимают равным единице. При расчете на основные сочетания, включающие не менее двух кратковременных нагрузок (воздействий), значения кратковременных нагрузок (воздействий) умножают на коэффициент сочетаний, равный 0,9.

При расчете конструкций и оснований на особые сочетания нагрузок и воздействий зна-

чения кратковременных нагрузок и воздействий или соответствующие им усилия умножают на коэффициент сочетания, равный 0,8 (кроме случаев, оговоренных в нормах проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах).

Нормативные сопротивления. Основными характеристиками сопротивления материалов силовым воздействиям являются нормативные сопротивления устанавливаемые нормами проектирования строительных конструкций.

Механические свойства материалов изменчивы, поэтому нормативные сопротивления устанавливают на основе статистической обработки показателей механических свойств материалов, выпускаемых нашей промышленностью. Значения нормативных сопротивлений устанавливают такими, чтобы обеспеченность их составляла не менее 0,95.

Значение нормативного сопротивления стали равно значению контрольной или браковочной характеристики, устанавливаемой соответствующими государственными стандартами и имеет обеспеченность не менее 0,95.

Для углеродистой стали и стали повышенной прочности и алюминиевых сплавов за основную характеристику нормативного сопротивления принято значение предела текучести, поскольку при напряжениях, равных пределу текучести, в растянутых, изгибаемых и других элементах начинают развиваться пластические деформации, а сжатые элементы начинают терять устойчивость. Однако в случае, когда переход материала в пластическое состояние выражен нечетко (нет площадки текучести), как, например, в тросах, или когда значения показателей текучести близко подходят к временному сопротивлению (стали высокой прочности), а также в случаях, когда по характеру работы конструкций несущая способность определяется прочностью, а не пластичностью, за нормативное сопротивление принимают значение временного сопротивления. Таким образом, установлены два вида нормативных сопротивлений – по пределу текучести и временному сопротивлению

Расчетные сопротивления материала. Расчетные сопротивления материала определяют делением нормативного сопротивления на коэффициент надежности по материалу:

Коэффициент надежности по материалам. Значение механических свойств металлов проверяется на металлургических заводах выборочными испытаниями. Механические свойства металлов контролируют на малых образцах при кратковременном одноосном растяжении, фактически же металл работает длительное время в большем размерных конструкциях при сложном напряженном состоянии. В прокатных профилях могут быть минусовые допуски. Возможно попадание в конструкции материала со свойствами ниже установленных в ГОСТе. Влияние этих факторов на снижение несущей способности конструкций учитывают коэффициентом надежности по материалам.

Возможное снижение механических свойств против нормативных значений устанавливается на основе обработки статистических данных заводских испытаний стали, а работа ее в конструкциях на основе исследований.

Коэффициент надежности по материалу установлен на основании анализа кривых распределений результатов испытаний стали и ее работы в конструкции.

Работа стали при статической нагрузке. Как было сказано, сталь в основном состоит из феррита с включением перлита. Зерна перлита значительно прочнее ферритовой основы. Эти две разные по прочностным, упругим и пластическим показателям составляющие и определяют работу углеродистой стали под нагрузкой.

В местах искажения сечения (у отверстий, выточек, надрезов, утолщений и т.п.) происходит искривление линий силового потока и их сгущение около препятствий, что приводит к повышению напряжений в этих местах. Отношение максимального напряжения в местах концентрации к номинальному, равномерно распределенному по ослабленному сечению, называется коэффициентом концентрации. Коэффициент концентрации у круглых отверстий и полукруглых выточек имеет значение 2-3. В местах острых надрезов оно выше и тем больше, чем меньше радиус кривизны надреза и чем гуще собирается в этих местах силовой поток; коэффициент концентрации в этом случае достигает значения 6-9. Напряженное состояние изделия при наличии концентрации напряжений очень сложное, однако, в основном по характеру работы металла можно установить две зоны: зону резкого перепада напряжений и зону с распределением напряжений, близким к равномерному.

Развитие пластических деформаций и разрушение при равномерном распределении напряжений происходят под воздействием касательных напряжений, наибольшее значение которых возникает на плоскостях наклонных под углом 45° к действующей силе. При резком перепаде напряжений общие сдвиговые деформации происходить не могут (из-за задержки

соседними, менее напряженными участками), поэтому в этих областях металл разрушается путем отрыва по плоскостям, нормальным к действующей силе. Характерно, что соответствующий рентгенографический анализ указывает на наличие при отрыве на этих плоскостях участков с явно выраженным пластическим течением металла. Поэтому такой отрыв можно назвать техническим, а отвечающая ему прочность много ниже, чем прочность монокристалла на отрыв, но выше, чем прочность при сдвиге. При сдвиге в упругопластической стадии развиваются большие деформации; при техническом отрыве пластические деформации малы; металл в этом месте ведет себя как более жесткий, а сопротивление внешним воздействиям повышается. Такое поведение металла приводит к началу разрушения (возникновению трещин) у мест концентрации напряжений при статических нагрузках и нормальной температуре концентрация напряжений существенного влияния на несущую способность не оказывает (не учитывая некоторого повышения разрушающей нагрузки). Поэтому при расчетах элементов металлических конструкций при таких видов воздействиях, их влияние на прочность не учитывается при понижении температуры. Прочность на разрыв гладких образцов повышается во всем диапазоне отрицательных температур; прочность же образцов с надрезом повышается до некоторой отрицательной температуры, а затем понижается при длительном воздействии нагрузки; сопротивление разрушению при этом понижается.

Ударная вязкость. Склонность металла к хрупкому разрушению и чувствительность к концентрации напряжений проверяются испытанием на ударную вязкость – определением величины работы, затрачиваемой на разрушение надрезанного образца, на маятниковом копре. Ударная вязкость измеряется удельной работой, затрачиваемой на разрушение образца. В надрезанном образце напряжения распределены неравномерно, с пикой у корня надреза. Ударное действие на образец увеличивает возможность перехода металла образца в хрупкое состояние.

Температура, при которой происходит спад ударной вязкости, или ударная вязкость снижается ниже $0,3 \text{ МДж/м}^2$, принимается за порог хладоломкости.

При работе материала в упругопластической стадии повторное нагружение ведет к увеличению пластических деформаций в результате необратимых искажений структуры металла предыдущим нагружением и увеличением числа дислокаций. При достаточно большом перерыве (отдыхе) упругие свойства материала восстанавливаются и достигают пределов предыдущего цикла. Это повышение упругих свойств называется наклепом. Наклеп связан со старением и искажением атомной решетки кристаллов и закреплением ее в новом деформационном положении. При повторных нагружениях в пределах наклепа материал работает как упругий, но полное удлинение уменьшается в результате необратимых остаточных деформаций, полученных при первых нагружениях, то есть металл становится как бы более жестким. Повышение прочности благодаря наклепу используется в алюминиевых сплавах и арматуре железобетонных конструкций; в стальных конструкциях оно не используется, поскольку наклепанная сталь получается более жесткой и склонной к хрупкому разрушению. При многократном непрерывном нагружении возникает явление усталости металла, выражающееся в понижении его прочности, приближающейся к некоторой величине, ниже которой разрушения стали не происходит. Эта величина называется пределом усталостной прочности (выносливости). Пределу выносливости стали отвечает примерно 10 млн. циклов нагрузки.

Хрупкое разрушение. Несущая способность элементов металлических конструкций, изготавливаемых из малоуглеродистых сталей, зависит от условий нагружения и температуры эксплуатации. Существует три возможных вида разрушения - вязкое, квазихрупкое и хрупкое. Вязкое разрушение, как было сказано, определяется развитием пластических деформаций по части или всему сечению, а несущая способность элементов металлических конструкций - развитием больших перемещений (прогибов). Квазихрупкое (кажущееся хрупкое) разрушение находится как бы в промежутке между вязким и хрупким. Хрупкое разрушение определяется разрушением при малых деформациях, без ярко выраженного развития пластичности. На хрупкость стали оказывают существенное влияние в основном качество стали, старение, концентрация напряжений, температура эксплуатации, характер силового воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Диллон, Б Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. -М.: Мир, 1984. -318 с.
- 2 Иванова, В.С. Разрушение металлов / В.С. Иванова. -М.: Металлургия, 1979. -186 с.
- 3 Коллакот, Р. Диагностика повреждений / Р. Коллакот. -М.: Мир, 1989. -516 с.

- 4 Лихачев, В.А. Физико-механические модели разрушения / В.А. Лихачев // Модели механики сплошной среды. - Новосибирск: СО АН СССР, Ин-т теорет. и приклад. механики, 1983. -С. 255-277.
- 5 Мак Лиин, Д. Механические свойства металлов / Д. Мак Лиин. -М.: Металлургия, 1965. -431 с.
- 6 Писаренко, Г.С. Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях / Г.С. Писаренко, А.Л. Квитка, И.А. Козлов и др. -Киев: Наук. думка, 1980. -Т.1. -536 с.; -Т.2. -772 с.
- 7 Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. -М.: Высшая школа, 1988. -237 с.
- 8 Труэлл, Р. Ультразвуковые методы исследования пластической деформации / Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, А. Хиката // Физическая акустика. Под ред. У. Мэсона. -М.: Мир, 1969. -Т.3, -Ч.А. -С. 236-262.
- 9 Труэлл, Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела / Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, Б. Чик. -М.: Мир, 1972. -308 с.
- 10 Лебедев, А.Б. Влияние упругого и пластического деформирования на амплитудно-зависимое поглощение ультразвука в монокристаллах фтористого натрия / А.Б. Лебедев, С.Б. Кустов, Б.К. Кардашев // ФТТ. -1989. -Т.31, -№1. -С. 62-68.
- 11 Лебедев, А.Б. О внутреннем трении и дефекте модуля Юнга в процессе деформации кристаллов / А.Б. Лебедев, С.Б. Кустов, Б.К. Кардашев // ФТТ. -1992. -Т.34, -№9. -С. 2915-2921.
- 12 Лебедев, А.В. Акустический контроль механических свойств стальных изделий поверхностными волнами Рэлея / А.В. Лебедев, А.В. Шарко // Дефектоскопия. -1990. -№10. -С. 14-19.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *нагрузки, ультразвук, металл, напряжения*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Плотников Дмитрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Алаев Евгений Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Иванов Геннадий Викторович, канд. техн. наук, доцент филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

Кузнецов Алексей Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

626158, г.Тобольск, Зона вузов №5, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГНГУ» в г.Тобольске

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ МЕДЛЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

**Омский институт водного транспорта (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**А.И. Антонов, М.Г. Вишнягов, Ю.М. Денчик, Д.А. Зубанов,
А.А. Руппель, А.А. Сидоренко**

METHOD FOR DETERMINING THE CONVECTION OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE IN THE MAINS VOLTAGE AT THE SLOW CHANGE

**Omsk institute of water transport (branch) Siberian state university of water transport
Siberian state university of water transport**

A.I. Antonov, M.G. Vishnyagov, Ju.M. Denchik, D.A. Zubanov, A.A. Ruppel, A.A. Sidorenko

The method was developed in accordance with GOST 32144-2013 to determine the likelihood of conductive electromagnetic interference in the mains voltage at the slow change. Powered article calculation algorithm conductive electromagnetic interference can improve the noise immunity of electric networks by acting on the stochastic characteristics of random process and can be used in studies of electromagnetic environment.

Keywords: power quality, slow voltage change, histogram distribution of values, electromagnetic environment

Методика разработана в соответствии с ГОСТ 32144-2013 позволяет определить вероятность кондуктивной электромагнитной помехи в электрической сети при медленном изменении напряжения. Приведенный в статье алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи позволяет повысить помехоустойчивость электрических сетей путем воздействия на стохастические характеристики случайного процесса и может использоваться при исследованиях электромагнитной обстановки.

Предложенная ниже методика является развитием статистических методов определения кондуктивных электромагнитных помех (ЭМП), разработанных д-ром техн. наук, профессором Сальниковым В.Г. и д-ром техн. наук, профессором Ивановой Е.В. [1].

Рассмотрим методику на примере показателей качества электроэнергии (КЭ), относящиеся к медленным изменениям напряжения [2].

В соответствии с ГОСТ 32144-2013 такими показателями являются отрицательное $\delta U_{(-)}$ и положительное $\delta U_{(+)}$ отклонения напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии

$$\delta U_{(-)} = \frac{U_0 - U_{m-}}{U_0} 100\%; \quad \delta U_{(+)} = \frac{U_{m+} - U_0}{U_0} 100\%, \quad (1)$$

где U_{m-} , U_{m+} – значения напряжения электропитания, меньшие U_0 и большие U_0 соответ-

венно, усредненные в интервале времени 10 минут в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30, подраздел 5.12;

U_0 – напряжение, равное стандартному номинальному напряжению U_{nom} или согласованному напряжению U_c .

В электрических сетях (ЭС) низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания U_{nom} равно 220 В (между фазным и нейтральным проводниками для однофазных и четырехпроводных трехфазных систем) и 380 В (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем).

В электрических сетях среднего и высокого напряжений вместо значения номинального напряжения электропитания принимают согласованное напряжение электропитания U_c .

Для указанных выше показателей КЭ установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю. Установленные нормы медленных изменений напряжения электропитания относятся к 1008 интервалам времени измерений по 10 минут каждый.

Допустимые значения положительного и отрицательного отклонений напряжения в точках общего присоединения должны быть установлены сетевой организацией с учетом необходимости выполнения норм настоящего стандарта в точках передачи электрической энергии.

В ЭС потребителя должны быть обеспечены условия, при которых отклонения напряжения питания на зажимах электроприемников не превышают установленных для них допустимых значений при выполнении требований настоящего стандарта к КЭ в точке передачи электрической энергии.

При оценке соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к медленным изменениям напряжения, установленным в стандарте, должны быть проведены измерения по ГОСТ 30804.4.30, подраздел 5.12, класс А, при этом маркированные данные не учитываются [2].

Величина δU является случайной величиной, связана с полем событий и характеризуется таблицей вероятностей

$$\begin{pmatrix} \delta U_1; \delta U_2; \delta U_3; \dots; \delta U_n \\ P_1; P_2; P_3; \dots; P_n \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $\delta U_1, \delta U_2, \delta U_3, \dots, \delta U_n$ – различные значения $\delta U_{(+)}$ или $\delta U_{(-)}$ в течение времени измерений продолжительностью более 1 минуты;

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ – вероятности появления значений δU .

При превышении допустимых значений медленного изменения напряжения δU часть поля событий (2) обуславливает кондуктивную ЭМП, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Достоверное значение ЭМП может быть определено только статистическими методами [3].

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП представляется математической моделью

$$\delta U \begin{cases} P(0 < \delta U < \delta U_{(-)}) \neq 0; \\ P(\delta U_{(+)} < \delta U < \infty) \neq 0 \end{cases} \subset \delta U', \quad (3)$$

где $\delta U'$ – кондуктивная ЭМП по установившемуся значению напряжения, %;

$\delta U_{(-)}$ – значения напряжения менее 10% от U_{nom} или U_c ;

$\delta U_{(+)}$ – установившиеся значения напряжения более 10% от U_{nom} или U_c ;

Кондуктивная ЭМП возникает, если значение δU в течение периода измерений не равно нулю. Эта кондуктивная ЭМП также появляется при выполнении только одного условия, является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины δU [2].

Интегральная функция распределения случайной величины δU в интервале $(\delta U_{(-)}; 0)$ описывается формулой

$$P(0 < \delta U < \delta U_{(-)}) = \int_0^{\delta U_{(-)}} \psi(\delta U) d(\delta U), \quad (4)$$

в промежутке $(\delta U_{(+)}; \infty)$ описывается формулой

$$P(\delta U_{(+)} < \delta U < \infty) \neq 0 = \int_{\delta U_{(+)}}^{\infty} \psi(\delta U) d(\delta U), \quad (5)$$

При выполнении статистической обработки результатов измерений случайная величина δU может представляется в виде гистограммы (рисунок 1) в которой число квантилей зависит от числа измерений, дисперсии и $U_{ном}$ или U_c и выбирается таким образом, чтобы граница квантиля совпадала с границей нормируемого значения, а их количество было минимальным для заданной точности расчета, например с шагом 5% от $U_{ном}$ или U_c .

Далее определяется вероятность $P(\delta U)$ для каждого квантиля в соответствии с выражением (3) и вероятность кондуктивной ЭМП $P(\delta U')$ (таблица 1).

Так, вероятность нахождения величины δU ниже границы 342 В в соответствии с таблицей 1 определяется как сумма вероятностей первых пяти квантилей гистограммы и составляет $P(\delta U') = 35,3\%$.

При необходимости по форме гистограммы может быть поставлена гипотеза о законе распределения установившегося отклонения напряжения δU в ЭС.

При циклическом характере работы потребителей в течение суток это, как правило, нормальный закон распределения (рисунок 1), при двухсменном графике – распределение Гаусса, при 8 часовом рабочем дне – экспоненциальное распределение.

Если гистограмма не попадает ни под один закон распределения, то это свидетельствует о неравномерном графике работы потребителей.

Таблица 1 – Расчет вероятности квантилей гистограммы

Интервал U , %		Интервал U , В		n , число попаданий в интервал	p , вероятность, %	Зона действия кондуктивной ЭМП
от	до	от	до			
65%	70%	247	266	20	2,0	$P[\delta U_{(-)}] = 35,3$
70%	75%	266	285	40	4,0	
75%	80%	285	304	45	4,5	
80%	85%	304	323	60	6,0	
85%	90%	323	342	191	18,9	
90%	95%	342	361	308	30,6	$U_{ном}$ или U_c
95%	100%	361	380	258	25,6	
100%	105%	380	399	86	8,5	
105%	110%	399	418	0	0,0	$P[\delta U_{(+)}] = 0$
110%	115%	418	437	0	0,0	
115%	120%	437	456	0	0,0	
Всего				1008	100,0	

При нормальном законе распределения плотность вероятности распределения коэффициента δU определяются по формуле

$$\psi(\delta U) = \varphi\{\delta U; M[\delta U]; \sigma[\delta U]\} = \frac{1}{\sigma[\delta U] \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\delta U - M[\delta U])^2}{2\{\sigma[\delta U]\}^2}\right], \quad (6)$$

где $M[\delta U]$ – математическое ожидание, %;

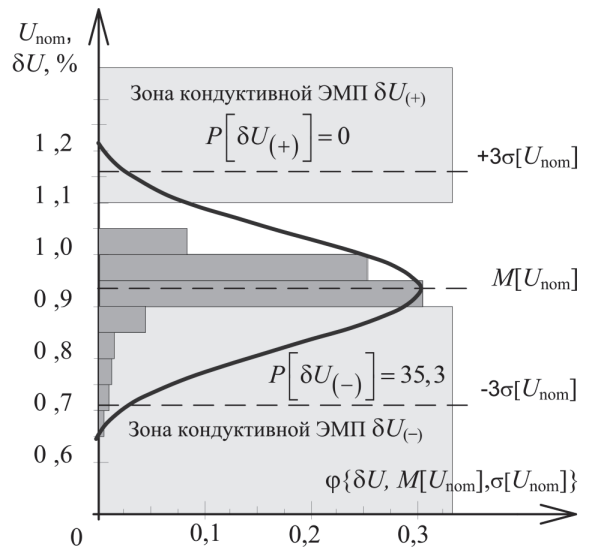


Рисунок 1 – График плотности вероятности распределения $\psi(\delta U)$, соответствующий нормальному распределению с вероятностью 0,89, совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС

$\sigma[\delta U]$ – среднеквадратическое отклонение, %.

Кондуктивная ЭМП $\delta U'$, как производящая функция δU , обладает на основании теоремы о равенстве начальных моментов и следствия о равенстве центральных моментов свойствами

$$M[\delta U'] = M[\delta U]; \sigma[\delta U'] = \sigma[\delta U], \quad (7)$$

а на основании следствия из теоремы единственности и теоремы непрерывности теории производящих функций характеризуется равенством [2]

$$\varphi\{\delta U; M[\delta U]; \sigma[\delta U]\} = \varphi\{\delta U'; M[\delta U']; \sigma[\delta U']\}. \quad (8)$$

Таким образом, рассмотренный алгоритм расчета кондуктивной ЭМП $\delta U'$ позволяет повысить помехоустойчивость ЭС путем воздействия на стохастические характеристики случайного процесса и может использоваться при исследованиях электромагнитной обстановки в ЭС, а вероятностные оценки ПКЭ, когда они находятся в пределах ГОСТ 32144-2013, позволяют оценить качество электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 2014-07-01. -М.: Стандартиформ, 2014. -20 с.

2 Иванова, Е.В. Методика определения кондуктивной электромагнитной помехи в электрической сети / Е.В. Иванова // Вестник ПТУ. -Павлодар: ПТУ, 2004. -№1. -С.102-113.

3 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электрических сетях 6-10 кВ: монография / Е.В. Иванова, А.А. Руппель: под ред. В.П. Горелова. -Омск: Омск. фил. Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2004. -284 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *показатели качества электроэнергии, медленные изменения напряжения, гистограмма распределения значений, электромагнитная обстановка*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Антонов Александр Игоревич, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Вишнягов Михаил Геннадиевич, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Зубанов Дмитрий Александрович, ассистент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Руппель Александр Александрович, канд. техн. наук, профессор ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Сидоренко Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 644099, г.Омск, ул.И.Алексеева, 4, ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕЙВЛЕТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

В.З. Манусов, К.Н. Бойко

APPLICATION OF WAVELET THEORY TO ANALYZE THE DATA IN SOLVING THE PROBLEM OF LOAD FORECASTING
 Novosibirsk state technical university
 V.Z. Manusov, K.N. Boyko

The results of the study opportunities of applying the theory of wavelet transforms for time series analysis. Obtained previously visible change in the relationship between energy consumption and air temperatures.

Keywords: wavelet analysis, forecasting, meteorological factors, analysis of data

Изложены результаты исследования возможности применения теории вейвлет-преобразований для анализа временных рядов. Получены ранее не видимые зависимости между изменением электропотребления и температуры воздуха.

На сегодняшний день в связи с постоянным ростом нагрузок в узлах электрической сети по настоящему остро стоит задача прогнозирования электрической нагрузки. Согласно расчётам проводимым для энергообъединения России с уровнем месячного потребления около 1500 млн. кВт·ч, доказано, что улучшение качества прогнозирования только месячного потребления на 0,1% способно в настоящих условиях снизить затраты на оплату отклонений от плана по поставкам электроэнергии на 3-5 млн. рублей в год [1].

Анализ исходных данных является наиболее важной частью любой модели прогнозиро-

вания.

Как мы видно из рисунка 1, график изменения мощности имеет явный синусоидальный характер, с характерными минимумами и максимумами и выделенный базис в 15000 кВт. Температура меняется в противофазе изменению мощности в большинстве точек, но есть и исключения. Для повышения точности прогнозирования необходимо как можно более детально изучить зависимость между изменением температуры и электропотреблением, не только во временном, но и в частотном спектре.



Рисунок 1 – Изменение мощности и температуры на месячном интервале

Как известно, традиционно для анализа временных рядов используется преобразование Фурье, дающее разложение исследуемого временного процесса $f(t)$ в ряд по тригонометрическим функциям, или в более общей форме записи

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_n \exp(int).$$

Коэффициенты c_n являются амплитудами гармонических колебаний соответствующей частоты и определяются формулой

$$c_n = (2\pi)^{-1} \int_0^{2\pi} f(t) \exp(-int) dt.$$

Множество функций $\exp(-int)$ образует ортонормированный базис пространства.

В отличие от преобразования Фурье, локализирующего частоты, но не дающего временного разрешения процесса, вейвлет-преобразование, обладающее самонастраивающимся подвижным частотно-временным окном, одинаково хорошо выявляет как низко-частотные, так и высокочастотные характеристики сигнала на разных временных масштабах [2].

Подобно тому, как в основе аппарата преобразований Фурье лежит единственная функция $\psi(t) = \exp(it)$, порождающая ортонормированный базис пространства $L^2(0, 2\pi)$ путем масштабного преобразования, так и вейвлет-преобразование строится на основе единственной базисной функции $\psi(t)$, имеющей солитоноподобный характер и принадлежащей пространству $L^2(R)$, то есть всей числовой оси.

Для анализа изменения исходных данных на месячном интервале был применён вейвлет Хаара, который определяется соотношением:

$$\psi^H(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq 1/2; \\ -1, & 1/2 \leq t \leq 1; \\ 0, & t < 0, t \geq 1. \end{cases}$$

Используя теорию вейвлет преобразований было получено разложение временных рядов (мощность и температура на месячном интервале) на два последовательных пространства, представленные на рисунке 2 и 3. А также их частотная локализация показанная на рисунке 4 и 5.

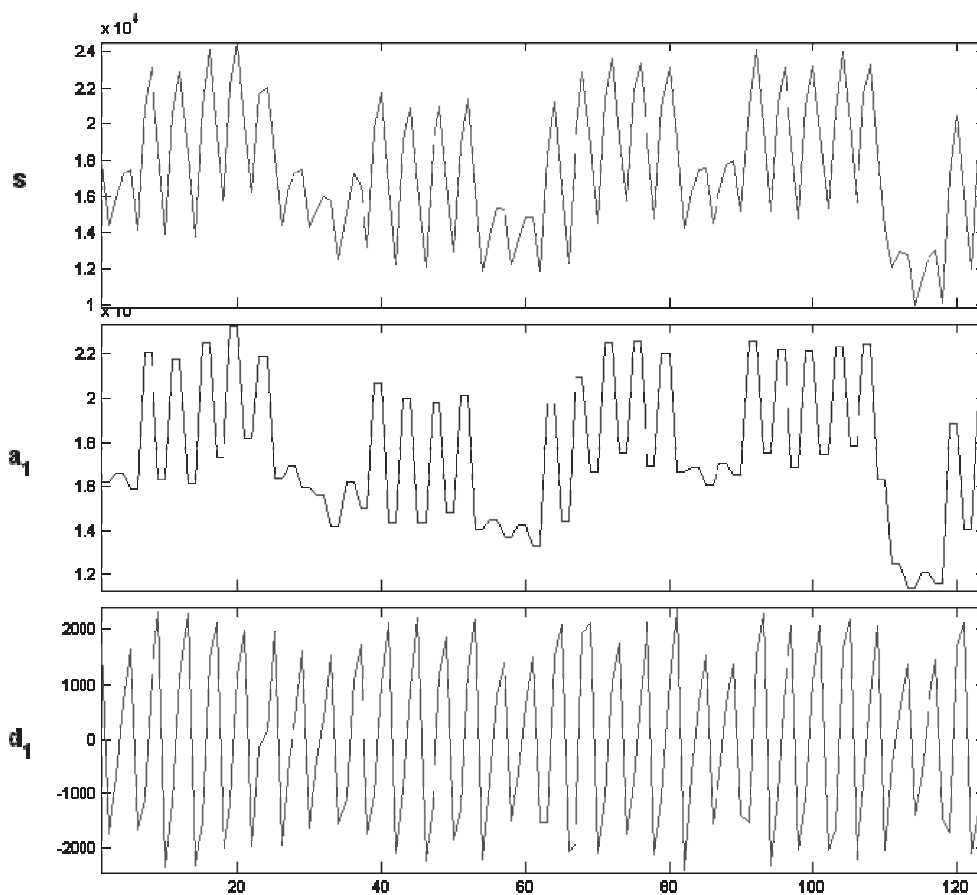


Рисунок 2 – Изменение мощности и его проекции на два последовательных пространства

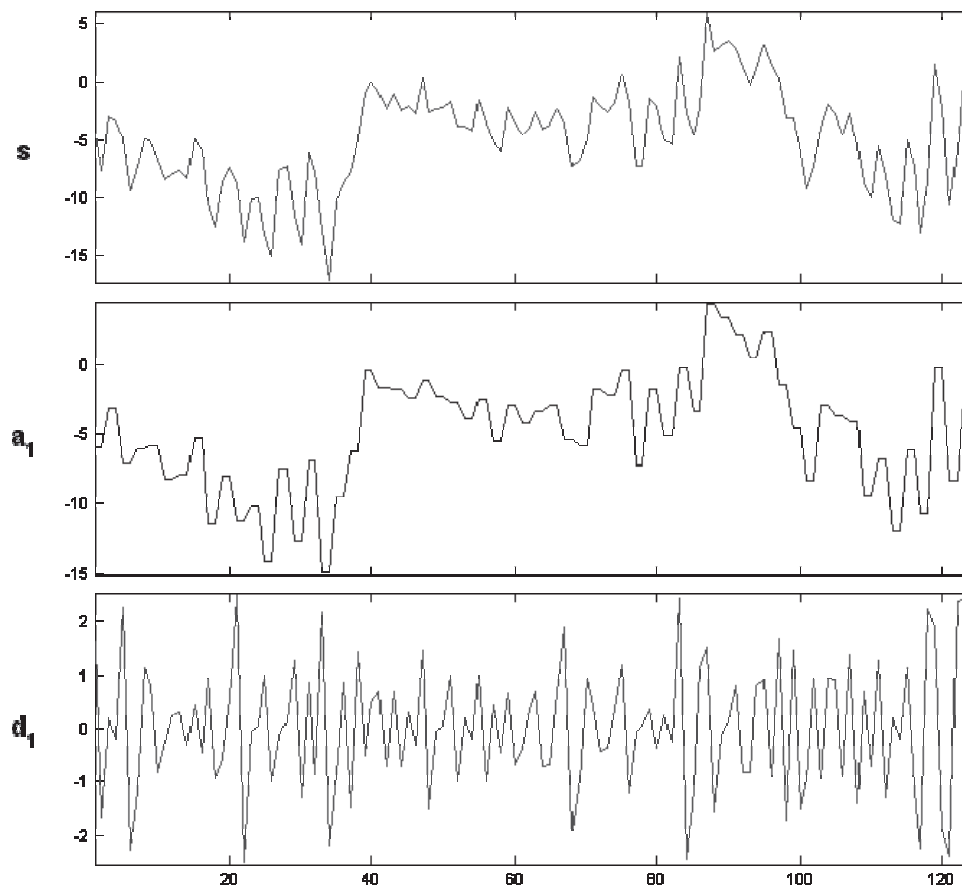


Рисунок 3 – Изменение температуры и его проекции на два последовательных пространства

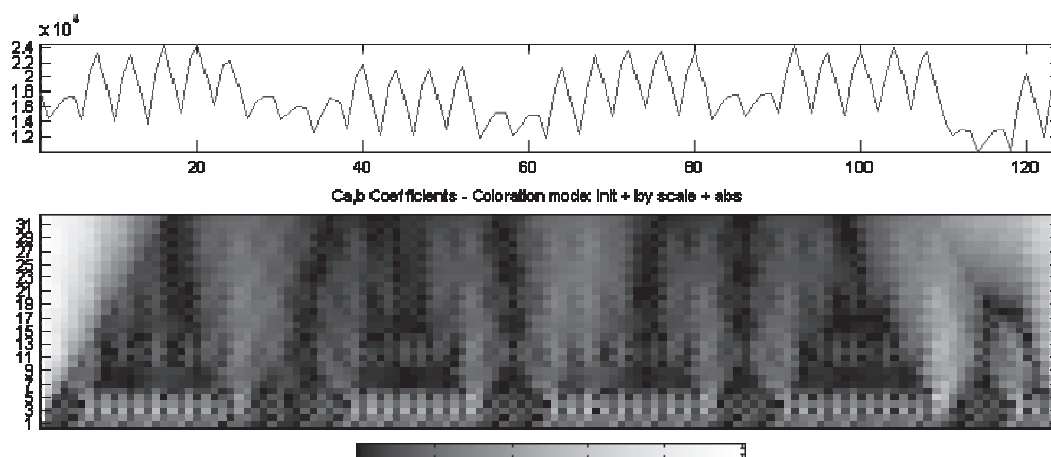


Рисунок 4 – Частотная локализация мощности

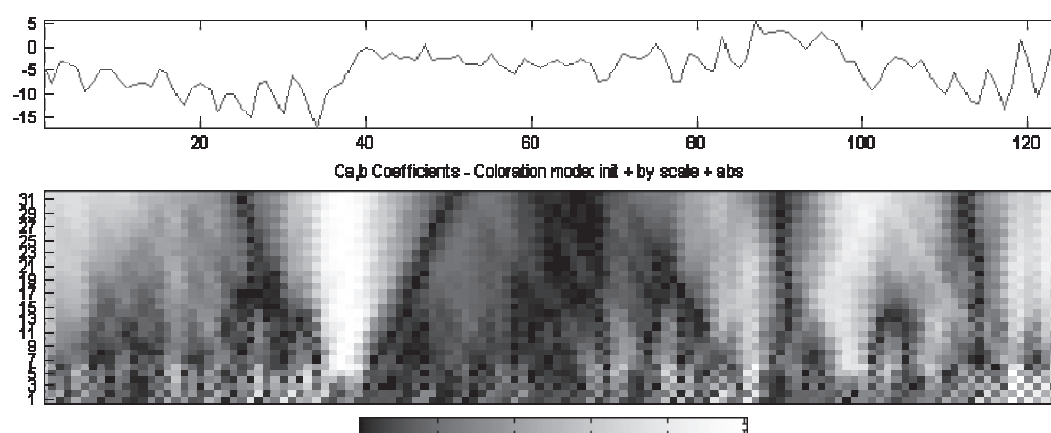


Рисунок 5 – Частотная локализация температуры

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы.

Ежесуточно происходят колебания ± 2000 кВт в 00:00 и 06:00 ч. Пик мощности держится порядка 6 ч.

В среднем температура не меняется в течение 6-12 ч. Характерны колебания температуры в интервале ± 2 °С. Происходит увеличение количества колебаний температуры во второй половине месяца. Среднее значение температуры – 4,5 °С.

Для обоих взятых для анализа временных рядов чётко видны экстремумы (фиксированы светлым тоном) и переходы через ноль (фиксированы темным тоном) на всём интервале. Очевидно, что минимум температуры будет соответствовать максимуму электропотребления, что мы и наблюдаем на рисунке 4 и 5. Так же отмечено, что изменение температуры не оказывают резкого влияния на изменение электропотребления. Существенное влияние на электропотребление оказывают длительное (более трёх дней) увеличение либо уменьшение температуры более чем на 5 °С.

На основании полученных результатов, можно сделать выводы, что применение теории вейвлет преобразований целесообразно при работе с большим массивом неоднородной информации. Вейвлет преобразования помогают сделать анализ временных рядов более детальным и наглядным, провести закономерности недоступные при разложении в ряд Фурье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Данилов, Е. Методика прогнозирования российского электротехнического рынка / Данилов, Е. // Электротехнический рынок. -2008. -№3(21). Режим доступа: www.market.elec.ru/nomer/20/forecasting-technique. -05.11.15.
2 Чуи, К. Введение в вейвлеты/ К. Чуи. Пер. с англ. -М.: Мир, 2001. -412 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вейвлет-анализ, прогнозирование, метеофакторы, анализ данных
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «НГТУ»
Бойко Константин Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «НГТУ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА ИНТЕГРАЦИИ ВЕТРОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ В РАБОТУ НОВОСИБИРСКОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

В.З. Манусов, Ш.К. Халдаров

RESEARCH THE ISSUE OF WIND ENERGY SYSTEM INTEGRATION IN NOVOSIBIRSK ENERGY SYSTEM OPERATION
Novosibirsk state technical university
V.Z. Manusov, Sh.K. Khaldarov

The results of the study opportunities and the need for integration of wind energy system in the Novosibirsk energy system were discussed. The criteria of the system dynamic stability during the integration of new generation were inducted.

Keywords: wind generation, wind power plant, wind speed, dynamic stability, integration of generation

Изложены результаты исследования возможности и необходимости интеграции ветровой генерации в Новосибирскую энергетическую систему. Введены критерии динамической устойчивости системы при интеграции новой генерации.

Ветровая энергетика является одним из наиболее динамично-развивающихся видов энергетики на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). По данным 2014 г. Всемирной ветроэнергетической ассоциации (GWEC), установленная мощность ветровых электростанций (ВЭС) в мире составила примерно 282,275 ГВт, из которых 44,609 ГВт было добавлено в 2014 г. Все турбины, установленные к концу 2014 г., способны выдавать 580 ТВт·ч/год, что составляет более чем 3% от мирового потребления. Из них 36,3% новых ветроэнергетических установок (ВЭУ) было установлено в Азии, 31,3% в Северной Америке, и 27,5% в Европе.

Установленная мощность ветровых ВЭС в России составляет лишь 16,8 МВт, хотя технический ветроэнергетический потенциал, оцененный с учетом энергетических показателей современных ВЭУ, уникален и почти в 13 раз превышает годовую выработку всех электростанций страны. Для дальнейшего развития сферы ВИЭ правительство РФ приняло ряд постановлений, в рамках которых к 2020 г. доля ВИЭ в энергобалансе РФ (исключая гидроэнергетику) должна составить 4,5%, при этом суммарная установленная мощность ВЭС – 7 ГВт.

Основной электрогенерирующий потенциал Новосибирской области расположен в г. Новосибирске. Установленная мощность электростанций в городе на 2010 г. составила около 3000 МВт, что превышает 96% от установленной мощности всех электростанций Новосибирской энергосистемы. Вследствие неравномерного размещения энергоисточников г. Новосибирск в период 2007–2008 гг. был избыточен по производству электрической мощности и энергии. Электростанции города привлекаются для покрытия дефицита сельских районов области.

На данный момент в Новосибирской области действует программа, начатая в 2012 г. и рассчитанная на 5 лет по устранению этого дефицита. На момент начала её действия дефицит составлял около 200 МВт.

Цели и задачи работы. Учитывая тот факт, что в энергосистеме существует дефицит мощности, а также, что скорость ветра в Новосибирской области входит в диапазон работы ВЭУ, возможно решение проблемы путём постройки в области ВЭС.

В данной работе рассматривается возможность интеграции ВЭС в существующую энергосистему на примере Новосибирской энергосистемы, связанные с этим проблемы, а также исследуется динамическая устойчивость получившейся системы. Для рассмотрения вариантов нарушения устойчивости энергосистемы рассматривается интегрируемая мощность ВЭС, равная 300 МВт при номинальном режиме работы, в соответствии со скоростью ветра. Для расчёта динамической устойчивости в работе используется программа «Mustang».

Выбор модели установки. В данной работе используется установка фирмы Vestas V126-3.3 MW IEC IIIA. Данная модель может быть оснащена любым типом генератора. В нашем случае это синхронный генератор [1]. Данное решение было принято потому, что при работе ВЭУ при уменьшении скорости ветра будет происходить и уменьшение выработки, а в этом случае у асинхронных генераторов станет увеличиваться потребляемая реактивная мощность, которая тянется из системы, что скажется на снижении предела системы по статиче-

ской устойчивости.

Также из-за высокой номинальной мощности, было принято решение отказаться от выпрямителей фильтров и инверторов напряжения, так как это несёт дополнительные, а главное ненужные затраты. Связано это с тем, что мощность энергосистемы несоизмеримо больше мощности ВЭС, поэтому энергия, выработанная от ВЭС, ставится в базовую часть графика нагрузки. Кроме того, частота является системным параметром и определяется величиной небаланса между уровнем нагрузки и уровнем генерации. Поэтому даже полное отключение ВЭС при работе автоматики регулировки частоты и перетоков активной мощности (АРЧМ) не вызовет значительного снижения частоты в объединённой энергосистеме. Следовательно, говорить об уровне генерации в зависимости от ветровых потоков, в разрезе частоты не имеет смысла.

Определение числа установок. Проведён ветроэнергетический расчёт ВЭС и заданной местности. В таблице 1 приведены усредненные значения скорости ветра за каждый месяц.

Таблица 1 – Среднемесячные скорости ветра на высоте флюгера, м/с

Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
4,7	5,9	8,3	6,7	6,7	6,1	5,1	6,3	6,8	5,9	8,6	6,8

Привести заданную скорость ветра к скорости ветра на уровне нашей ВЭУ, которая равна 137 м, можно по формуле

$$U(H_1) = U(H_2) \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^m,$$

где m – сезонный коэффициент;

H_1 – высота башни ВЭУ, м;

H_2 – высота флюгера, равная 15 м.

Для зимних месяцев коэффициент m принимаем равным 0,17, 0,22 для весенних, 0,24 для летних и 0,18 для осенних месяцев. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Среднемесячные скорости ветра на высоте ВЭУ, м/с

Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
7,99	10,03	12,36	9,98	9,98	8,88	7,43	9,18	11,06	9,60	14,00	11,56

По этим данным видно на ветроэнергетической характеристике нашей ВЭУ, что в мае ВЭС выдаёт в энергосистему максимальную мощность. Рассмотрим этот месяц, как наиболее тяжёлый для системы с точки зрения перетоков мощности по существующим линиям. Этот месяц был также выбран потому, что в мае до сих пор работают ТЭЦ, что также нагружает переток по линиям. Кроме того в мае начинает уже повышаться температура в условиях климата данной местности, что снижает естественное охлаждение линии при протекании по ней тока, в сравнении с холодным периодом. Этот фактор также сказывается на уменьшении пропускной способности линии, что учтено в дальнейших расчётах устойчивости.

Для расчётной модели была рассмотрена ВЭС мощностью 300 МВт при номинальной работе, поэтому принимаем количество равное 91 ВЭУ данной модели. По требованиям строительства ВЭС, расстояние между двумя соседними ВЭУ должно быть не менее двойной высоты одной ВЭУ. Из этого, получаем, что ветропарк занимает квадрат со стороной 2466 м², что равно 6,082 км². С помощью карт из интернета подходящее место для постройки было найдено чуть восточнее Барабинска.

Результаты расчета динамической устойчивости. Целью расчётов динамической устойчивости является определение характера динамического перехода системы от одного режима к другому. Если при этом ни одна станция не выпадает из синхронизма, то такой переход считается устойчивым. Для определения динамической устойчивости были приняты расчётные возмущения, разделяемые на три группы [2]. Расчёты проводились в программном комплексе «Mustang». Расчётное время отключения КЗ основными защитами для сети 220 кВ – 0,16 с, для сети 110 кВ – 0,18 с. Время отключения КЗ от УРОВ – 0,39 с, пауза трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) линии принято 4 с. Расчёты переходных процессов выполнялись до 6 с.

В работе было рассмотрено два варианта расчётной схемы. Вариант №1 – схема энергосистемы города Новосибирска с набором существующего генерирующего оборудования.

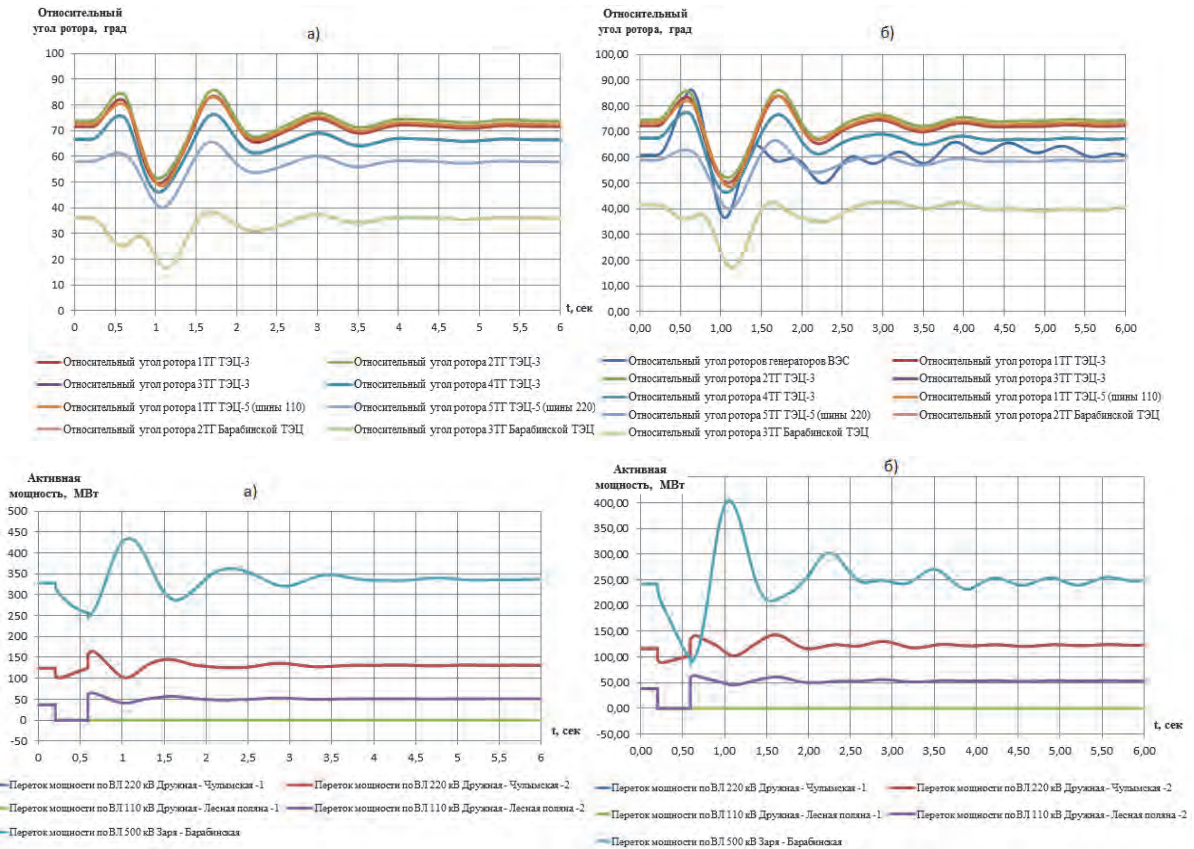


Рисунок 1 – Осциллограмма относительных углов и активных мощностей генераторов при трёхфазном замыкании на ВЛ 110 кВ Дружная-Лесная поляна-1 и действием УРОВ в нормальной схеме без учета ВЭС (а) и с учетом (б)

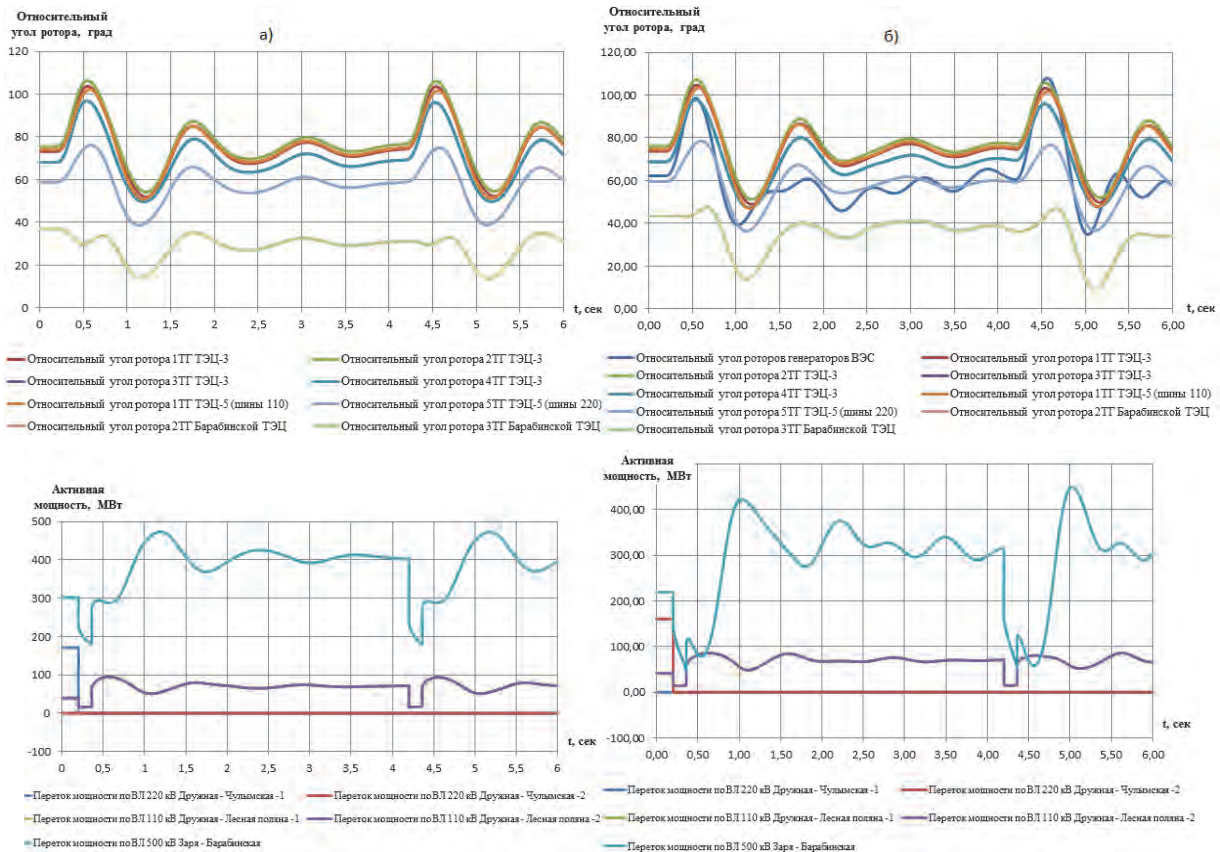


Рисунок 2 – Осциллограмма относительных углов и активных мощностей генераторов при трёхфазном замыкании на ВЛ 220 кВ Дружная-Чулымская-2 и неуспешным АПВ в ремонтной схеме без учета ВЭС (а) и с учетом (б). В ремонте ВЛ 220 кВ Дружная-Чулымская-1

Вариант №2 – схема энергосистемы города Новосибирска с добавлением ВЭС мощностью 300 МВт при номинальном режиме работы. Станция подключается к ПС 220 кВ Барабинская через двух цепную линию электропередач, длина которой принимается равной 10 км и через два трансформатора ТДЦ-200000/220. Динамические характеристики, генерирующего оборудования были взяты из справочной литературы.

Заключение. Максимально допустимый переток (МДП) по сечениям ограничивается в основном токовыми ограничениями линий 110 кВ, поэтому для увеличения МДП по данному сечению необходимо принять меры по снижению токовых нагрузок сети 110 кВ, либо производить размыкания сети 110 кВ.

Установка новой станции приводит к загрузке близлежащей сети 110 кВ, из-за перераспределения перетоков активной мощности, по сравнению со схемой без станции. При существующей схеме, станция в принятом месте установки в большинстве случаев оказывает негативное влияние на распределение активной мощности. Положительное влияние на величину МДП по сечению можно увидеть при сравнении результатов расчётов для аварийных ситуациях, в случае возникновения которых, происходит отключение линий 110 кВ входящих в состав сечения. Тогда наличие станции помогает серьёзно повысить МДП по рассматриваемому сечению.

Рассмотренные возмущения III и II категории, не приводят к нарушению динамической устойчивости системы. Нарушение устойчивости наблюдается при возникновении возмущений III категории в сети 220 кВ, поэтому чтобы обеспечить динамическую устойчивость системы при больших значениях МДП по рассматриваемому сечению, необходимо предусмотреть применение противоаварийной автоматики, а именно отключение части генераторов, отключение части нагрузки, автоматику ограничения перегрузки оборудования в сети 110 кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Удалов, С.Н. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие / С.Н. Удалов. -3-е Изд. перераб. и доп. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. -459 с.

2 Методических указаний по устойчивости энергосистем. Утв. 30.06.2003 приказом №277 Минэнерго России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ветровая генерация, ветроэнергетическая установка, скорость ветра, динамическая устойчивость, интеграция генерации

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Манусов Вадим Зиновьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «НГТУ»
Халдаров Шерзод Камалханович, аспирант ФГБОУ ВО «НГТУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГОЛОЛЕДА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Ю.В. Дёмин, А.В. Демьянчук, Б.В. Палагушкин, Е.Г. Алаев,
С.В. Ивашкин, А.Ю. Кузнецов**

USE RESISTANCE OF THE WIRES AND CABLES POWER TRANSMISSION LINE TO PREVENT GLAZE
Siberian state university of water transport

Yu.V. Demin, A.V. Demyanchuk, B.V. Palagushkin, E.G. Alaev, S.V. Ivashkin, A.Yu. Kuznetsov

Mode of loading ensure a long rope and maintain the level of current within the permissible limits could with an additional resistance (resistors).

Keywords: icy conditions, power line, prevention

Обеспечение режима длительного нагружения тросов и поддержание уровня токов в допустимых пределах может обеспечиваться включением дополнительных сопротивлений (резисторов).

Материалы, касающиеся вопросов создания РНУ на базе композиционных и металлических резисторов, показали техническую возможность их применения при проведении профилактических мероприятий. В то же время, из-за высокой стоимости комплектующих резисторных нагрузочных устройств (РНУ) и элементов, область эффективного применения мероприятия ограничивается особо ответственными линиями или линиями, проходящими в труднодоступных районах.

Возникло предложение использовать для этой цели провода и тросы линий электропе-

редач, включенные по одной из возможных схем плавки гололеда. Только в нашем случае длина воздушных линий (ВЛ), уровень источника питания, выбираются исходя из условия обеспечения протекания предельно-допустимых длительных токов. В таком режиме могут эксплуатироваться тросы ВЛ высших классов напряжения и линий распределительных сетей 6-10 кВ сезонного применения (например, ВЛ питающие насосные станции), линии в кольце и др. [1]

Включенные в режиме короткого замыкания (КЗ) участки ВЛ 6-10 кВ представляют собой для энергосистемы активно-индуктивную нагрузку. Для провода марки АС-25 длительно допустимым током является ток 195 А (с учетом 1,5 кратной перегрузки в аварийном режиме и температуры окружающего воздуха 0 °С), для АС-35 ток 262 А, для АС-50 ток 315 А.

Если принять напряжение на шинах подстанции 10,5 кВ, то потребляемая мощность в режиме трехфазного КЗ для проводов марки АС-25 составляет $3,46 + j0,67 = \text{МВАр}$, для АС-35 равна $4,37 + j1,85 = 4,7 \text{ МВАр}$ и для АС-50 равна $4,97 + j2,86 = 5,72 \text{ МВАр}$.

Требуемые значения токов обеспечиваются при длинах участков линий 21-23 км для всех рассмотренных типов проводов. Изменением способа (двухфазное КЗ без земли; двухфазное КЗ с землей; однофазное КЗ при последовательном соединении проводов и др.) подключения ВЛ на замыкание можно обеспечить ряд значений мощностей нагрузки.

Для коротких участков линий, в которых токи превышают допустимые значения, может быть использован способ подключения ВЛ в повторно-кратковременном режиме. Необходимо подчеркнуть то обстоятельство, что без ущерба для самих линий использование такого подхода дает возможность подключать в определенных узлах сети нагрузку мощностью порядка 2-10 МВАр. Естественно, что эти линии находятся в «гололедоупорном» состоянии и в любой момент могут быть переведены в режим нормальной работы.

Была оценена целесообразность использования тросов в качестве нагрузочных устройств. Известно, что гололед интенсивнее осаждается на тросах ВЛ при отсутствии токов в тросах и из-за того обстоятельства, что трос подвешен выше проводов. В эксплуатации отмечены случаи, когда для ликвидации гололедной аварии было достаточно удалить гололед только с тросов.

В этой связи представляется перспективным профилактическим мероприятием включение тросов ВЛ высших классов напряжения под нагрузку в районах попадающих в зону влияния гололедонесущего потока. При этом, включение целесообразно производить заблаговременно, до прихода снежного потока. В принципе на период возможных гололедных отложений, путем последовательно-параллельного включения тросов, можно создать сеть 6-10 кВ из грозозащитных тросов.

Включение тросов под нагрузку способствует решению двух задач: собственно обогреть трос данной ВЛ в гололедоопасный период, тем самым снижая ее аварийность, и повысить загрузку проводов примыкающих ВЛ.

Таким образом, в отличие от плавки гололеда токами КЗ, являющимся по существу локальным мероприятием по борьбе с гололедом, предлагаемое решение имеет потенциальные возможности оказывать влияние на протекание процессов одновременно на группе ВЛ, то есть является решением вопроса для целого района.

Мероприятие дает возможность адекватно реагировать на складывающуюся метеорологическую обстановку, точно противодействовать гололедообразованию на проводах и тросах ВЛ по месту, так же и по времени.

Были рассмотрены наиболее типичные схемы профилактики гололеда с использованием тросов в качестве нагрузки (рисунок); они повторяют традиционные схемы плавки гололеда: трос-земля; два троса-земля; трос-трос. Отличие заключается в том, что для обеспечения режима длительного нагружения тросов и поддержания уровня токов в допустимых пределах может потребоваться включение дополнительных сопротивлений (резисторов). Обеспечение необходимого уровня тока для различных климатических условий, возможно, потребует изменения величины сопротивления. Техническая реализация возможна за счет коммутации секций резисторной установки или изменения места подключения специальной конструкции к заземлителю. В определенных условиях может потребоваться использование двух источников питания, подключенных с двух сторон к тросу (тросам) (рисунок).

Выбор уровня напряжения источника питания для подключения к тросу (тросам) должен выполняться из условия обеспечения протекания максимально допустимого тока по тросу. Для троса С-35 эта величина 75 А, для троса С-50 – 90 А, для троса С-75 – 125 А. Расчеты

показывают, что включение троса (тросов) по одной из схем на рисунке, создает дополнительное нагружение питающей ВЛ на 1-4 МВАр (напряжение источников 6-35 кВ). Для обеспечения более симметричного нагружения источников питания целесообразно тросы разных ВЛ включать на разные фазы источника.

В соответствии с вышесказанным, предлагается техническое решение для параллельных линий. Рекомендуемая мера [1], связанная с отключением одной из ВЛ, благоприятна для находящейся в работе ВЛ; в то же время вторая отключенная линия находится в неблагоприятных условиях, в отсутствие токов провода и тросы последней могут подвергаться гололедным отложениям. Более перспективным представляется другое решение: трос и провода отключенной ВЛ включаются по одной из схем принятых при плавке гололеда токами КЗ (возможно будет достаточен один общий источник питания). Параметры источника (источников) питания выбираются из условия протекания длительно допустимых токов по проводам и тросу, соответственно. При этом обе линии находятся в условиях обеспечивающих их «самозащиту», а вторая, отключенная ВЛ, обеспечивает дополнительную загрузку примыкающей электрической сети. Рациональное использование такого подхода на группе ВЛ дает возможность решить проблему обогрева проводов в периоды минимальных суточных нагрузок. Как промежуточная мера может применяться обогрев только троса; во многих случаях, как показывает практика, этого бывает достаточно для предотвращения гололедообразования на линии.

Таким образом, использование тросов ВЛ высших классов напряжения, как однофазных нагрузочных устройств, позволяет расширить возможности мер защиты от гололеда энергорайонов в неблагоприятных климатических условиях. При этом следует отметить следующее обстоятельство: необходимые коммутации производятся в сети низкого класса напряжения (6-35 кВ), что менее опасно для энергосистемы; основные ВЛ остаются в нормальных условиях эксплуатации.

Для практической реализации предлагаемого мероприятия, связанного с использованием тросов, необходимо обеспечить следующие условия: электрическую непрерывность тросов; необходимый уровень изоляции тросов от опоры. В случае использования источников питания с напряжением 6-35 кВ, необходимое число изоляторов ПС-6; ПС-11 – 1-2 шт. (последнее для напряжения 35 кВ).

Поскольку профилактическое мероприятие осуществляется по схеме однофазного КЗ, то трос, включаемый под напряжение 35 кВ, может подвешиваться на двух изоляторах только в начале линии; с определенного участка до конца достаточный уровень изоляции обеспечивается одним изолятором, что не потребует значительных затрат.

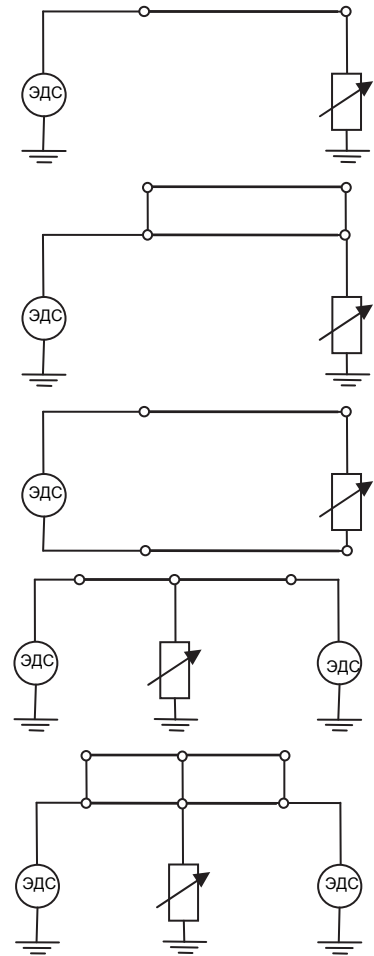


Рисунок – Схемы профилактики гололеда с использованием тросов в качестве нагрузки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов. Под редакцией В.П. Горелова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад водн. трансп., 1998. -209 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гололед, предотвращение, линия электропередач
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Демин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Демьянчук Алена Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Палагушкин Борис Владимирович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Алаев Евгений Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Ивашкин Сергей Владимирович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
 Кузнецов Алексей Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Путилова Н.Н., Сунина М.Г. КОНТРАКТНАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА.....	3
Псеровская Е.Д., Кагадий И.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ГРУЗОВАЯ СТАНЦИЯ – ПУТЬ НЕОБЫЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ.....	6
Танайно Ю.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ.....	9
Зачешигрива М.А. АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	11
Югрин О.П. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ПАРКОМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	14
Дерябина И.С., Зачёсов А.В. ВЫБОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАДАЧ.....	17
Бессоненко С.А., Жарикова Л.С. О ВОПРОСЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ СРОКОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	19
Шатунова Т.Е. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ТРУДОВОЙ МОТИВАЦИЕЙ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	23
Маликова Т.Е., Янченко А.А. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ТРАНСПОРТНОГО РЫНКА ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ГРУЗОВ В МОРСКОМ ПОРТУ.....	25
Буровцев В.В. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННО- МОНОПОЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ.....	29
Трефилова И.А. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ ТРАНСПОРТА.....	31
Владимиров С.А. ОБ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ЛОГИСТИКИ.....	34
Панк Р.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕМОНТНО-ЭКИПИРОВОЧНОГО ПАРКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПАССАЖИРСКОЙ СТАНЦИИ.....	40
Котенко А.Г., Дмитренко И.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ГРУЗРАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ.....	43
Березовский А.А. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ НЕФТЕНАЛИВНОГО ФЛОТА В ОБСКОМ И ОБЬ-ИРТЫШСКОМ БАССЕЙНЕ.....	48
Прудников А.А., Поздеева А.Д. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АУТСОРСИНГА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	52
Северова М.О. МЕХАНИЗМ ОТНЕСЕНИЯ КОСВЕННЫХ РАСХОДОВ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ ОКАЗЫВАЕМЫХ УСЛУГ.....	55
Григорьев Е.А., Варакса А.М. УЧЕТ ВНУТРИРЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА СОСТАВА.....	58
ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО	
Поликарпова Я.Н. МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ: НАПРАВЛЕНИЯ И НЕОБХОДИМОСТЬ.....	61
Погодин А.В., Ситнов А.Н. МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ РУСЛОВЫХ КАРЬЕРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА.....	63
Шамова В.В., Мерзляков Д.А. К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ РУСЛА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ.....	67
Смирнов В.А., Кузнецов А.А., Копытов Е.Ю., Михалева С.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ИСКРООБРАЗОВАНИЯ.....	69
Бендер О.А. К УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ.....	73
Плотников Д.Н., Дёмин Ю.В., Палагушкин Б.В., Алаев Е.Г., Кузнецов А.Ю., Герасименко А.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА.....	76
Плотников Д.Н. ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	79

СОДЕРЖАНИЕ

Наприенко А.А., Наприенко Е.С. ЭКСПЕРТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТОВЫХ КРАНОВ.....	82
СУДОВОЖДЕНИЕ	
Маликова Т.Е., Аносов Н.М., Филиппова А.И. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ СУДОВ, ПЕРЕВОЗЯЩИХ ПАКЕТИРОВАННЫЕ ГРУЗЫ.....	86
Комаровский Ю.А. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ GPS-ПРИЁМНИКОМ JLR-20 УГЛОВ КРЕНА И ДИФФЕРЕНТА ОШВАРТОВАННОГО ПАРОМА	89
Кац В.А., Комаровский Ю.А. ИЗМЕРЕНИЕ ПРИЁМНИКОМ GP-37 АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ СУДНА, СТОЯЩЕГО К ЮГО- ЗАПАДУ ОТ ВЫСОКОГО СООРУЖЕНИЯ	92
Бимбереков П.А. ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОБАРОТНЫХ ГРЕБНЫХ КОЛЁС СИСТЕМЫ Ф. МИХАЙЛОВА	95
Бимбереков П.А. ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОДНОЛОПАСТНЫХ ЧАСТИЧНО ПОГРУЖЕННЫХ ВИНТОВ	98
Бимбереков П.А., Королёва Н.С. ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ.....	105
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	
Пахомова Л.В., Щербакова О.В. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОПЕРАТОРА ВИБРИРУЮЩИХ МАШИН	108
Щербакова О.В. КОЛЕБАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРУЖИНЫ	110
Бондарь В.Н. РАСЧЕТ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ДИЗЕЛЯ НА РЕЖИМАХ ПУСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «БАРЕЛЬЕФ».....	113
Надежкин А.В., Лыу К.Х. АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ СМАЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАЛОСЕРНИСТЫХ СУДОВЫХ ДИСТИЛЛЯТНЫХ ТОПЛИВ.....	117
Волынцев А.В. ТЕПЛОНАСОСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СУДАХ ПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА	121
Надежкин А.В., Соколова И.В., Старченко М.Е. АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ГРУБОДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СУДОВЫХ РАБОТАЮЩИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ	125
Таращан Н.Н., Кича Г.П. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ В СУДОВЫХ ТРОНКОВЫХ ДИЗЕЛЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА	129
Надежкин А.В., Старченко М.Е., Даничкин В.Н. РАЗРАБОТКА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА Пороговых значений для трибодиагностики судовых тронковых дизелей.....	136
Федосеева М.А., Барановский А.М., Зуев А.К. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ.....	141
Федосеева М.А., Барановский А.М., Зуев А.К. ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПО СТЕПЕНЯМ СВОБОДЫ	143
Бойко С.П., Кича Г.П. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ТОПЛИВ И МАСЕЛ НА СУДАХ	146
Соколова И.В., Голенищев А.В., Старченко М.Е. КОНТРОЛЬ СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ РАБОТАЮЩИХ МАСЕЛ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ВИНТОРУЛЕВЫХ КОЛОНОК ТИПА «AZIPROD» – ЗАЛОГ БЕЗОПАСНОЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА	151
Глушков С.С., Лебедев О.Б. К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МЕТОДОМ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ	154
Соболенко А.Н., Макаров Ф.П. ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЁТА СРЕДНЕГО ИНДИКАТОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ШЕСТИТАКТНОГО РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДВС	157
Тарасов В.В., Иушин П.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ОТ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК.....	160
Шувалов Г.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ	165
Шелудяков О.И. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ БЕЗРАЗБОРНОГО РЕМОНТА ТЕХНИКИ.....	167
Шелудяков О.И. ИЗДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА	170

СОДЕРЖАНИЕ

Шувалов Г.В. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТОПЛИВ И МАСЕЛ НА БАЗЕ МОБИЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	172
Тарасов В.В., Кулямов П.В. ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ КАПЕЛЬНОГО И ТОНКО ПЛЕНОЧНОГО ИСПАРЕНИЯ ВОДО- ТОПЛИВНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ЕГО РЕГЕНЕРАЦИИ	175
Глушков С.П., Викулов С.В., Сигимов В.И. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛИКОНОВЫХ ДЕМПФЕРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	180
Шувалов Г.В. РАЗРАБОТКА ЭТАЛОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ЧАСТИЦ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	183
Кучеров В.Н., Векслер Ю.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ОХЛАЖДАЮЩИХ СВЕРЛЕНИЯХ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО- ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ	185
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	
Вишнягов М.Г., Горелов В.П., Иванова Е.В., Руппель Е.Ю., Клеутин В.И., Сидоренко А.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В БЕРЕГОВОЙ СЕТИ 0,4-10 кВ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ СУДОВ В ПЕРИОД РЕМОНТА И РАЗОРУЖЕНИЯ	191
Антонов А.И., Горелов С.В., Зубанов Д.А., Руппель А.А., Сальников В.Г., Сидоренко А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА	194
Антонов А.И., Денчик Ю.М., Зубанов Д.А., Клеутин В.И., Вишнягов М.Г., Руппель А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНДУКТИВНОЙ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ПОМЕХИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.....	199
Плотников Д.Н., Палагушкин Б.В., Алаев Е.Г., Иванов Г.В., Кузнецов А.Ю. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ. ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	203
Антонов А.И., Вишнягов М.Г., Денчик Ю.М., Зубанов Д.А., Руппель А.А., Сидоренко А.А. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ МЕДЛЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ.....	209
Манусов В.З., Бойко К.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕЙВЛЕТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ.....	212
Манусов В.З., Халдаров Ш.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА ИНТЕГРАЦИИ ВЕТРОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ В РАБОТУ НОВОСИБИРСКОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	216
Дёмин Ю.В., Демьянчук А.В., Палагушкин Б.В., Алаев Е.Г., Ивашкин С.В., Кузнецов А.Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГОЛОЛЕДА	219

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в очередном номере журнала. Материалы (заявку, статью, рецензию) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: konvalov@nsawt.ru. Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Коновалова В.В.

Заявка на публикацию научной статьи

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (не более 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес для каждого из авторов)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, числовой идентификационный номер ав- тора: Author ID в системе РИНЦ)		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		X

*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, рецензию от компетентного по тематике статьи лица гарантируем.

Дата

Подпись(и)

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи.
- 3 Заверенная рецензия (оригинал) и ее электронная копия (от компетентного по тематике статьи лица, с полным указанием ФИО, ученой степени, ученого звания, должности и почтового адреса организации).
- 4 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 5 Ширина таблиц не более 15 см.
- 6 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (MathType и др.), шрифт Arial.
- 7 Ссылки на литературу выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник, должны быть ссылки в тексте статьи.

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

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича, тел./факс (383)222-49-83, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта» а также на интернет-странице по адресу: <http://www.ssuwt.ru> в разделе «Наука-Научные издания». Для аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока
№4 за 2015 год

Главный редактор – Зачёсов В.П.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 25.11.2015 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 26,2; тираж 500 экз. Заказ №
Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390