

## РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ СИБИРИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.В. Зачёсов

RIVER TRANSPORT OF SIBERIA: SITUATION AND PROSPECTS

Siberian state university of water transport

A.V. Zachyeysov

Transport prospects in Siberia.

Keywords: Siberian river, challenges, solutions

Представлены перспективы развития речного транспорта Сибири.

Развитие производительных сил на территории Сибири во многом определяется работой речного транспорта. Основная причина сложившейся ситуации на современном этапе состоит в том, что смежные виды транспорта на этой территории развиты слабо. Обеспеченность территории Сибири сетью путей сообщения по коэффициенту Энгеля показывает, что речная сеть в 4 раза превышает железнодорожную и в 2 раза автомобильную с твёрдым покрытием.

Давать экономическую оценку развития речного транспорта Сибири целесообразно, исходя из условного деления её территории на экономические районы: Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный.

Первая группа районов включает Алтайский край, Новосибирскую, Кемеровскую, Омскую, Томскую и Тюменскую области. Вторая группа районов объединяет территории Красноярского края, Иркутскую область и республику Тыва. В состав третьей группы районов входят республика Саха (Якутия), Хабаровский и Приморский края, Амурская, Сахалинская, Магаданская и Камчатская области.

Долгосрочные интересы РФ определяют особую роль Сибири в силу её географического положения и наличия значительного ресурсного, производственного и научно-технического потенциала (таблица 1).

Сибирь объединяет 19 субъектов Российской Федерации, занимает 75% всей территории России, где проживает 13% населения страны. Средняя его плотность составляет 2,2 человека на один квадратный километр, что в 4,2 раза меньше, чем в целом по стране.

В Западной Сибири в настоящее время создана главная топливно-энергетическая база страны (нефть, газ, каменный уголь). Развита нефтехимическая промышленность, промышленность строительных конструкций, потребительских товаров, заводов по производству углеводородного сырья.

Регион Восточной Сибири специализируется на производстве самых дешёвых в стране предприятий электроэнергии и топлива, добыче ценных видов минерального сырья (никель, медь, свинец, цинк, молибден, золото и т.д.), а также лесной промышленности.

Дальневосточный экономический район занимает по добыче многих полезных ископаемых в России (алмазы, бор, олово, сурьма, серебро и золото) значительное место. Интенсивно развивается горнодобывающая промышленность (каменный уголь, цветные и редкие металлы, минерально-строительное сырьё), химическая, деревообрабатывающая, рыбная промышленность, черная и цветная металлургия, производство строительных материалов.

Анализ развития экономики России показывает, что подавляющая часть добываемых ресурсов вывозится за пределы Сибири. В то же время для развития хозяйственного комплекса на территории региона многие товары и материалы, которых на месте нет, приходится завозить из Европейской части России и из-за рубежа.

Таблица 1 – Ресурсный потенциал Сибири

| Извлекаемые разведанные запасы | Доля ресурсов Сибири в целом по России, % |
|--------------------------------|---|
| Нефть                          | 77  |
| Природный газ                  | 85  |
| Каменный уголь                 | 80  |
| Медь                           | 70  |
| Никель                         | 68  |
| Свинец                         | 85  |
| Цинк                           | 77  |
| Молибден                       | 82  |
| Золото                         | 41  |
| Платина                        | 99  |

Для этого требуется надёжная транспортная система, которая на территории Сибири существенно отстаёт от Европейской части страны (таблица 2).

*Таблица 2 – Обеспеченность экономических районов России сетью основных путей сообщения по коэффициенту Энгеля*

| Регионы                  | Виды транспорта |         |                                |
|--------------------------|-----------------|---------|--------------------------------|
|                          | железнодорожный | речной  | автодороги с твёрдым покрытием |
| Европейская часть России | 2,9-3,2         | 0,9-2,8 | 8,8-15,3                       |
| Сибирь                   | 1,1-1,5         | 4,3-5,6 | 3,4-5,2                        |

На территории Сибири расположены крупнейшие реки страны, длина которых составляет 64% внутренних водных путей Российской Федерации. Речные пути этого региона чаще, чем другие виды транспорта подходят ближе к грузополучателям и грузоотправителям.

Проводимые в стране экономические реформы привели к обновлению принципов государственной транспортной политики, выработано новое понимание роли транспорта в социально-экономическом комплексе страны. Это положение в полной мере распространяется и на речной транспорт: организованы акционерные общества, судоходные компании, частные предприятия, коллективы которых получили полную самостоятельность в организации и проведении своей деятельности.

Экономические реформы проходили на фоне резкого падения спроса на грузовые и пассажирские перевозки. В ряде бассейнов сократились на порядок показатели перевозок, существенно изменилась их структура, серьезно ухудшились производительность и провозная способность транспортного флота.

Что касается сокращения показателей перевозок в условиях рыночной экономики, нет необходимости стремиться к их росту или стабилизации. Судоходные предприятия принимают к исполнению такой объём работы, который обеспечивает устойчивое функционирование предприятий, пользующихся услугами речного транспорта. Важнее при этом обеспечить существенное улучшение показателей по использованию материально-технической базы речного транспорта и, в частности, показателей производительности работы флота и его провозной способности.

Новое понимание роли речного транспорта приводит к необходимости пересмотреть вопросы развития и функционирования речного транспорта, имея ввиду его работу в рыночных условиях. При этом основная цель речного транспорта остаётся неизменной – полное и качественное удовлетворение хозяйственного комплекса страны в перевозках грузов и пассажиров, повышение эффективности работы с учётом оптимального функционирования транспортных предприятий с наименьшими затратами.

В современных условиях на речном транспорте Сибири среди множества не решённых пока проблем выделяются две основные:

- обеспечить в полном объеме на её территории внутренние транспортные связи между отдельными регионами, организовать работу речного транспорта в соответствии с основной целью его деятельности;
- способствовать успешному развитию международных перевозок с активным участием речного транспорта.

Первая проблема обусловлена слабым развитием на территории Сибири смежных видов транспорта или полным его отсутствием за пределами районов, тяготеющих к *Транссибу* для перевозки массовых грузов.

Вторая – исходит из географического положения Сибири, которое представляет собой кратчайший путь от азиатско-тихоокеанского региона в европейскую часть планеты и может рассматриваться в качестве транспортного моста по маршруту «Япония – Китай – Россия – Европа».

В составе первой проблемы в силу особенностей речного транспорта на внутренних водных путях Сибири приходится решать следующие взаимосвязанные задачи:

- организация перевозок грузов в районы Крайнего Севера и арктического побережья;
- завоз грузов в пункты малых рек при отсутствии необходимой транспортной инфраструктуры.

Анализ содержания первой задачи показывает, что она является многовариантной и оптимизационной. Для её решения рекомендуется использовать известные математические методы оптимального планирования, которые дают возможность отыскать оптимальный ва-

риант.

Кафедра Управления работой флота (СГУВТ) в последние годы провела многочисленные расчёты задач расстановки флота по участкам работы по всем бассейнам Сибири. Полученные результаты позволяют определить основные типы судов и составов на перевозках грузов в районы Арктического побережья и Крайнего Севера (таблица 3).

Вторая задача обусловлена множеством малых рек с различными условиями плавания, разными схемами завоза грузов, а также неодинаковыми сроками возможной работы флота в течение навигации.

Обоснование схем завоза грузов на малые реки и расстановки малотоннажного флота по участкам работы рекомендуется проводить для «рек-аналогов», чтобы сократить количество расчетов. Устанавливались «реки-аналоги» для различных групп малых рек по классификационным признакам: географическому, путевому и транспортному [3]. Всего на территории Сибири проанализировано 32 малые реки.

В таблице 4 приведены результаты расчетов по вариантам завоза грузов для «рек-аналогов» с выделением рек, входящих в каждую из групп, и рекомендуемые варианты перевозок грузов и работы флота.

*Таблица 3 – Основные типы флота, работающего по магистрали на перевозках в районы Арктического побережья и Крайнего Севера*

| Экономический район | Тип флота          | Номер проекта                      |
|---------------------|--------------------|------------------------------------|
| Западно-Сибирский   | грузовые теплоходы | 292, 1743                          |
|                     | танкеры            | P-77, 621, 866                     |
|                     | буксирные          | H-3290, 428, 1741                  |
|                     | несамоходные       | 16800, Фин-1000                    |
| Восточно-Сибирский  | грузовые теплоходы | 1565, 1743, 21-88, 576             |
|                     | танкеры            | 1577, P-77, 866                    |
|                     | буксирные          | 428, 758AM                         |
|                     | несамоходные       | P-56, P-59, PБ-1800, 942           |
| Дальневосточный     | грузовые теплоходы | 292, 1743                          |
|                     | танкеры            | 1577, P-77, 621, 576Т, 866М        |
|                     | буксирные          | H-3290, 428, 07521                 |
|                     | несамоходные       | 16800, Фин-1000, 16800H, 942, P-27 |

*Таблица 4 – Рекомендации по вариантам завоза грузов на малые реки Сибири*

| Река-аналог            | Реки, входящие в группы рек-аналогов  | Варианты перевозок грузов и работы флота  |
|------------------------|---|---|
| 1 Кеть                 | Кеть, В. Тара, В. Ишим, В. Парабель, Чаус, Чая, Сым, Баргузин, В. Ангара, Селенга, Амга, Анадырь, Мама, Анюй, Н Тунгуска.   | В первый период навигации крупнотоннажным флотом.<br>Во второй – через базы концентрации грузопотоков.                                  |
| 2 Пур                  | Пур, Пякопур, Пурпе, Пясина, Яна, Оленёк, Омолон, Колыма, Индигирка, Б. Салым, Б. Юган, Демьянка, Лямин, Б. Балык, Сев. Сосьва, В. Тавда, Ишим, Тара, Чарыш, Кас, Виллой, Витим, Киренга, Чара. | До устья малой реки флотом с повышенным классом регистра для рек Заполярья.<br>Для других рек – через базы концентрации грузопотоков.   |
| 3 Казым                | Казым, В. Амур, Зея, Аган, Вах, Конда, Полуй, Тромъеган, Щучья, Васюган, Бия, Катунь, Тым, Чулым, Аргунь, Буряя.  | В первый период навигации крупнотоннажным флотом.<br>Во второй – крупнотоннажным флотом с паузкой и малотоннажным.                      |
| 4 Подкаменная Тунгуска | П. Тунгуска, Алдан, Олёмма, Н. Тунгуска, Надым, Таз, Ангара, Б. Хета, В. Енисей, Курейка, Турухан, Хантайка, Амгунь.  | Накопление грузов в пункте отправления в межнавигационный период. Крупнотоннажным флотом по маршрутной схеме в первый период навигации. |

При обосновании оптимальных планов перевозки грузов и использования флота непосредственно по малым рекам в расчет вводился малотоннажный несамоходный флот грузоподъемностью от 50 до 400 т, а также буксиры-толкачи мощностью 150-450 л.с. в зависимости от группы рек. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Анализ полученных результатов по схемам завоза грузов и работы флота показывает, что рассчитанные варианты с применением методов оптимизации использования ресурсов обеспечивают снижение себестоимости перевозок от 6,3 до 8,0% ниже аналогичного показа-

теля, достигнутого в различных судоходных компаниях.

В последние годы в средствах массовой информации активно обсуждаются вопросы о расширении торгово-экономических отношений между странами азиатско-тихоокеанского региона со странами Западной Европы. Рассматриваются различные варианты действующих и перспективных транспортных коммуникаций – через территорию Китая и страны Средней Азии, через территорию России, а также морским путём через Суэцкий канал.

*Таблица 5 – Рекомендуемые типы флота для работы на малых реках в зависимости от их классификации*

| Группы рек               | 1        | 2        | 3         | 4                    |
|--------------------------|----------|----------|-----------|----------------------|
| Аналоги малых рек        | Кеть     | Пур      | Казым     | Подкаменная Тунгуска |
| Глубина русла, м         | 0,5-0,85 | 0,86-1,0 | 1,01-1,25 | 1,26-1,6             |
| Ширина судового хода, м  | 15,0     | 20,0     | 30,0      | 40,0                 |
| Радиус закругления, м    | 80,0     | 100,0    | 130,0     | 150,0                |
| Грузоподъемность барж, т | 50-100   | 50-100   | 200       | 400                  |
| Мощность, л.с.           | 150      | 150-300  | 150-300   | 300-450              |

В современных условиях при выборе маршрутов движения важно обеспечить конкурентоспособность своих товаров на мировом и внутреннем рынке, снижать расходы, на которые, до определённого времени, мало обращали внимание – и в первую очередь на транспорт.

В этом смысле, очевидно, что устанавливать маршруты движения экономически целесообразно, используя транзитный потенциал России, который представлен Транссибом, Северным морским путём (СМП), внутренним водным транспортом в составе рек Амура, Лены, Енисея, Оби и Иртыша.

В настоящее время основными странами грузоотправителями в перевозках грузов по Транссибу являются: Япония, Корея, Китай, Гонконг. Основные грузополучатели: Финляндия, Норвегия, Прибалтийские страны, Румыния, Чехия, Украина, Казахстан, Узбекистан, Афганистан.

Общее транзитное время доставки контейнеров из портов Японии и Кореи по магистрали составляет 16-17 суток, что меньше на 13-15 суток по сравнению с доставкой контейнеров морем.

В настоящее время по своей мощности Транссиб на перевозках контейнеров загружен незначительно и составляет порядка 8% от всех контейнерных перевозок отправляемых ежегодно из стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), хотя его технические возможности значительно выше.

СМП функционирует. Круглогодичная навигация на Дудинку нормально обеспечивается в тех объемах перевозок грузов, которые заказывает Норильский никель. Эта, уже установившаяся линия, непрерывно действует с 1978 года.

На современном этапе развития международных транспортных связей потенциал СМП далеко не использован, хотя в перспективе может стать конкурентом Суэцкому каналу. Этот путь полностью доступен для международного транзитного плавания, что подтверждается экспериментальными коммерческими рейсами в 1982 году из Атлантического в Тихий океан, в 1995 году осуществлён рейс по СМП из Японии в Западную Европу на российском теплоходе «Кандалакша» с высокой эффективностью транзита по СМП. Например, маршрут Мурманск-Йокогама через Суэцкий канал занимает 12840 морских миль, а через СМП – 5767 морских миль (разница более чем вдвое). То же самое и на других направлениях. Такое сокращение пути позволяет, даже с учётом затрат на ледовую проводку, не только уменьшить, но и заметно удешевить доставку российских товаров в Северную Европу, Америку и Азию.

Кроме этого СМП во взаимодействии с внутренними водными путями Сибири обслуживает обширные районы Крайнего Севера богатые лесом, нефтью, газом, углём, цветными металлами. Это важнейшее транспортное звено в инфраструктуре Крайнего Севера связывает российский Дальний Восток и западные районы страны.

Реки Сибири решают проблему непосредственной связи Транссиба и СМП, их взаимодействие. В случае включения магистрали в систему международных транспортных коридоров они снимают с дороги внутренние перевозки лесных грузов, угля, строительных конструкций, наливных грузов, железной руды, чёрных металлов, зерновых, прочих минерально-строительных грузов.

Кроме этого в печати обсуждаются перспективные проекты непосредственного участия



речного транспорта в системе международных транспортных коридоров из стран АТР через речные пути к СМП. В частности, есть проработки по маршрутам: Китай-Кош-Агач-Обь-Сабетта, Транссиб-Енисей-Дудинка, Транссиб-АЯМ-Лена-Тикси и далее по СМП в направлении, как на Запад, так и на Восток.

Оценивая в целом положение речного транспорта Сибири в системе российских и внешних транспортных связей следует признать, что в сегодняшнем состоянии речной транспорт Сибири не в полной мере готов к решению рассмотренных в статье задач по следующим причинам:

– не обеспечено необходимое и своевременное проведение путевых работ и безопасность судоходства;

– большая часть транспортного флота выработала свой ресурс по срокам эксплуатации, требует его пополнения и обновления;

– необходимо расширить плотность речной транспортной системы за счёт проведения рекогносцировочных изысканий верховьев магистральных рек, притоков этих рек первого и второго порядков с целью включения их в транспортную систему региона и организации на них регулярного судоходства;

– организовать в крупных воднотранспортных узлах в пунктах пересечения магистральных рек с железнодорожными путями на юге Сибири и в устьевых пунктах на Севере в местах взаимодействия речного и морского транспорта логистические центры для организации совместной работы;

– разработать систему мер по снижению высокого уровня издержек при завозе грузов на территорию Сибири, когда размер транспортной составляющей в конечной себестоимости продукции достигает 80%;

– на основе транспортно-логистических центров организовать единое информационное пространство путём строительства специальной системы связи, на основе которой осуществлять оперативное руководство работой смежных видов транспорта.

Таким образом, реализация основных перечисленных мероприятий позволит речному транспорту Сибири осуществлять в полном объёме крупномасштабные перевозки в регионе и успешно работать в системе создаваемых международных транспортных коридоров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Комаров, К.Л. Транспортное освоение Сибири: стратегии XXI в / К.Л. Комаров, Е.Б. Кибалов. -Новосибирск, 2001. -30 с.
- 2 Зачёсов, В.П. Экономическая география воднотранспортных бассейнов Сибири и Дальнего Востока: учебное пособие / В.П. Зачёсов, И.А. Рагулин. -Новосибирск: Сибирское соглашение, 2001. -404 с.
- 3 Зачёсов, В.П. Транспортное использование малых рек Сибири / В.П. Зачёсов. -М.: Транспорт, 1985. -94 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *реки Сибири, задачи, пути решения*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Зачёсов Александр Венедиктович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СИБИРЬ-УРАЛ**

**ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»**

**Филиал АО «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» - Сибирский научно-исследовательский институт энергетики**

**Т.Г. Красильникова, А.М. Потапенко**

### **ASSESSMENT OF OPPORTUNITIES OF INCREASE OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF EHV NETWORK SIBERIA-URALS**

**Novosibirsk state technical university**

**Siberian research institute of power engineering, branch of Scientific and technical center of the Federal grid company of unified energy system**

**T.G. Krasil'nikova, A.M. Potapenko**

Variants of increase in transfer capability of network Siberia-Urals up to 2800 MW are considered: Half-Wave Transmission System 500 kV Itat-Chelyabinsk, Compensated Transmission System 1150 kV Itat-Chelyabinsk and installation of static VAR compensator at intermediate points of 500 kV network. It is given an estimation of economic efficiency of these variants.

**Keywords:** *transmission Line Itat-Ekibastuz-Chelyabinsk in Dimensions 1150 kV, transfer capability, compensated electricity transmission, half-wave electricity transmission, power losses, technical and economic parameters*

Рассмотрены варианты увеличения пропускной способности сети Сибирь-Урал до 2800 МВт: полуволновая электропередача 500 кВ Итат-Челябинск, компенсированная электропередача Итат-Челябинск на напряжение 1150 кВ по и установка статических тиристорных компенсаторов в промежуточных пунктах сети 500 кВ. Проведено технико-экономическое сопоставление альтернативных вариантов.

Одной из наиболее актуальных проблем электроэнергетики Российской Федерации на сегодняшний день является повышение эффективности работы энергосистем. Решению проблемы повышения пропускной способности электрической связи между ОЭС Сибири и Урала придается особое значение. Эффективным решением этой проблемы согласно [1] является использование ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск (в габаритах 1150 кВ) в составе полуволновой электропередачи (ПЭП) Итат-Челябинск. В указанной работе авторы ставили перед собой задачу повышения эффективности передачи путем увеличения пропускной способности до 3000 МВт. Однако рассмотрение совместной работы ПЭП и шунтирующей сети (ШС) 500 кВ позволяет выявить другое преимущество схемы – существенное снижение потерь активной мощности в сети 500 кВ между Сибирью и Уралом.

Действительно, в настоящее время три цепи 500 кВ в сечении Сибирь-Урал загружаются пропорционально их натуральным мощностям, что не соответствует оптимальному распределению потоков активной мощности между ними. Линия в габаритах 1150 кВ имеет сечение почти в три раза большее, чем сечение линии 500 кВ, и по условию потерь в сети эта линия загружена не оптимально.

*ПЭП 500 кВ Итат-Челябинск и преимущества её использования.* Вариант схемы ПЭП 500 кВ, обеспечивающий повышения пропускной способности до 2000 МВт (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема ПЭП 500 кВ Итат – Челябинск

Для создания полуволновых режимов осуществляется настройка линии до полуволновой длины с помощью настраивающих реакторов (НР). Для связи ПЭП с ШС используется фазорегулирующее устройство (ФУ) [1].

Повышение напряжения в средней части полуволновой линии является одним из ограничивающих факторов на её максимальную передаваемую мощность. Напряжение в средней части полуволновой линии пропорционально передаваемой мощности и в режиме передачи натуральной мощности почти не отличается от напряжений в концевых пунктах линии. Поскольку величина натуральной мощности линии при напряжении 500 кВ равна 1000 МВт, то при передаче мощности 2000 МВт напряжение в средней части линии увеличится примерно в два раза, что с некоторым запасом допустимо для ВЛ класса

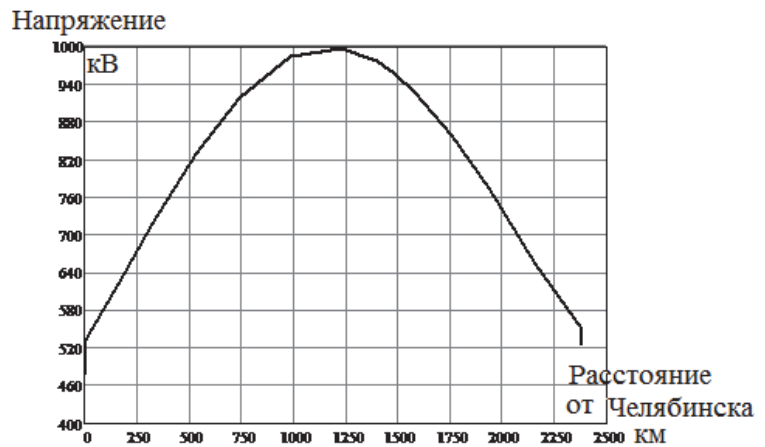


Рисунок 2 – Распределение напряжений вдоль линии Итат-Челябинск при передаче 2000 МВт из Сибири

1150 кВ. На рисунке 2 приведено распределение напряжения вдоль полуволновой линии 500 кВ в режиме передачи мощности 2000 МВт.

Условие минимума потерь мощности в сети, включая ШС и ПЭП, имеет вид

$$\Delta P_{\Sigma} = (1 - \eta_{шс})P_{шс} + (1 - \eta_{пэп})P_{пэп} = [1 - (1 - \alpha)\eta_{шс} - \alpha\eta_{пэп}]P_{\Sigma} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $P_{\Sigma}$  – суммарная мощность, передаваемая ШС и ПЭП

$$P_{\Sigma} = P_{шс} + P_{пэп};$$

$\alpha$  – доля мощности, передаваемой по ПЭП

$$\alpha = \frac{P_{пэп}}{P_{\Sigma}}.$$

В достаточно широком диапазоне передаваемой мощности КПД для ПЭП остается практически постоянным и равным  $\eta_{пэп} \approx 0,9$ . Что касается КПД для ШС, то по мере её загрузки он снижается практически линейно, что можно аппроксимировать следующим выражением

$$\eta_{шс} \approx 1 - 0,13 \cdot 10^{-3} (1 - \alpha)P_{\Sigma}. \quad (2)$$

Приведенная на рисунке 3 зависимость суммарных потерь мощности от коэффициента  $\alpha$  показывает, что оптимальная зона составляет 0,7-0,9.

Таким образом, оптимальная загрузка ШС находится в пределах до 850 МВт при передаче по ПЭП 2000 МВт. При этом суммарная загрузка сети (при уровне  $\alpha_{опт} \approx 0,7-0,9$ ) составит 2500-2800 МВт.

*Оценка технико-экономических преимуществ использования ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск в составе ПЭП Итат-Челябинск.* В качестве первого альтернативного варианта рассматривается перевод ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск на номинальное напряжение 1150 кВ по компенсированной схеме [1]. Во втором варианте пропускная способность на уровне 2800 МВт достигается путем установки статических тиристорных компенсаторов (СТК) в промежуточных пунктах сети 500 кВ (при работе на напряжении 500 кВ ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск). Загрузка цепей в этом варианте будет близка к их натуральной мощности. Требуемая мощность СТК определяется исходя из предельного режима по статической устойчивости. В узлах Итата, Экибастуза и Челябинска потребность в реактивной мощности может быть покрыта за счет имеющихся генерирующих источников. С учетом этого потребуется установка СТК ориентировочно в 5 пунктах для каждой цепи при выдаваемой суммарной реактивной мощности всех СТК порядка 2400 Мвар.

При сопоставлении технико-экономических показателей ограничимся оценкой капитальных затрат и потерь активной мощности при передаче расчётной мощности 2800 МВт. Расчет капиталовложений проводится в базовых ценах 2000 г. по данным [2] с последующим пересчетом в цены 2010 г. с индексом пересчета цен – 5,4. В составе капитальных затрат для реализации рассмотренных выше вариантов, выделена стоимость подстанций и стоимость устройств реактивной мощности (УРМ), под которыми в общем случае понимаются шунтирующие и настраивающие реакторы и СТК

$$K_{ПС} = \alpha_{зон} (K_{ПЗ.Евр} + K_{ОБ.Евр}); K_{УРМ} = \alpha_{зон} K_{УРМ.Евр},$$

где  $K_{ПЗ.Евр}$  – постоянные затраты при сооружении подстанций (ПС) в европейской части страны;

$K_{ОБ.Евр}$  – стоимость основного оборудования, включая строительно-монтажные работы и прочие затраты, при сооружении ПС в европейской части страны;

$\alpha_{зон}$  – зональный повышающий коэффициент, учитывающий район сооружения ПС;

$K_{УРМ.Евр}$  – стоимость устройств реактивной мощности при установке их в европейской час-

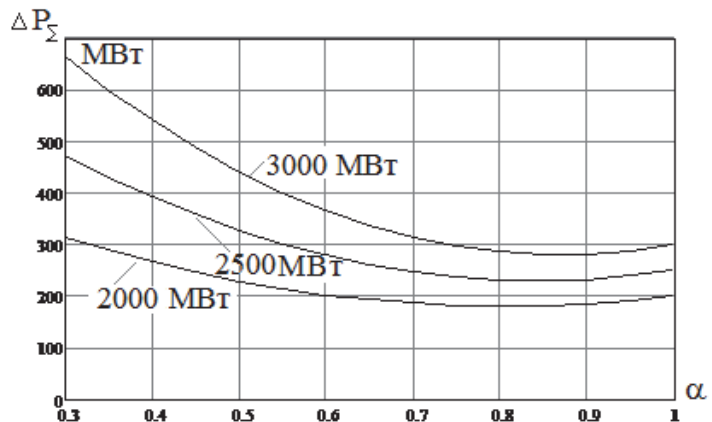


Рисунок 3 – Оптимизация потерь активной мощности в сети 500 кВ Сибирь-Урал

ти страны.

Повышающие зональные коэффициенты для условий Урала и Казахстана принимались 1,1, а для условий Сибири – 1,3. Стоимостные данные, отсутствующие в [2], приняты согласно [1].

В таблице представлено сравнение технико-экономических показателей ПЭП 500 кВ и альтернативных вариантов.

*Таблица – Техничко-экономические преимущества использования ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск в составе ПЭП Итат-Челябинск при передаче 2800 МВт из Сибири на Урал*

| Показатели   | Варианты   |             |                         |
|--|------------|-------------|-------------------------|
|  | ПЭП 500 кВ | КЭП 1150 кВ | СТК в узлах сети 500 кВ |
| Стоимость, млрд. руб. (в ценах 2010 г.)  | 8,4        | 53,7        | 8,6                     |
| Потери мощности в сети 500 кВ Сибирь-Урал, МВт                                 | 285        | 275         | 512                     |
| Стоимость электростанции, требующейся для покрытия потерь мощности, млрд. руб. | 0,3        | –           | 7,6                     |
| Суммарная стоимость, млрд. руб.  | 8,7        | 53,7        | 16,2                    |

Для обеспечения эквивалентности этих вариантов по доставляемой мощности на приемный конец необходимо создание дополнительной генерирующей мощности в ОЭС Урала, покрывающей разность потерь между этими вариантами. Если исходить из установки ПГУ с удельной стоимостью 32 тыс. руб./кВт в ценах 2010 г. для компенсации потерь мощности, то суммарная стоимость варианта с СТК в промежуточных узлах сети будет почти в два раза выше, чем стоимость варианта с ПЭП 500 кВ. Что касается варианта с КЭП 1150 кВ, то он является неконкурентоспособным из-за весьма значительных капитальных затрат.

Следует отметить, что в случае передачи суммарной мощности 2000 МВт, что соответствует пропускной способности сети Сибирь-Урал на современном этапе, потери мощности в варианте с использованием ПЭП снижаются почти на 40%.

**Выводы.**

– Проведенное технико-экономическое сопоставление альтернативных вариантов показало, что использование ВЛ Итат-Экибастуз-Челябинск (в габаритах 1150 кВ) в составе полуволновой электропередачи (ПЭП) Итат-Челябинск позволяет не только увеличить пропускную способность сети Сибирь-Урал до 2800, но и обеспечить оптимальное распределение потоков мощности между ПЭП и шунтирующей сетью 500 кВ, снизив потери активной мощности на 40-50% по сравнению со случаем работы по существующей в настоящее время схеме, в которой создание сопоставимой пропускной способности обеспечивается за счет установки СТК в промежуточных узлах сети.

– ПЭП Итат-Челябинск осуществляет функцию передачи транзитных потоков мощности между Сибирью и Уралом, а ШС, в состав которой входят две цепи 500 кВ, загружается транзитным перетоком лишь частично на 800 МВт, что существенно меньше загрузки этих цепей в существующей в настоящее время схеме при передаче максимальных потоков на уровне 2000 МВт. Таким образом, возможности шунтирующей сети для передачи локальных потоков мощности для питания нагрузки в промежуточных узлах в варианте с ПЭП повышаются по сравнению со случаем работы по существующей схеме.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Бушуев, В.В. Техничко-экономический анализ путей увеличения пропускной способности ВЛ Итат - Экибастуз - Челябинск (в габаритах 1150 кВ) до 3000 МВт / В.В. Бушуев, С.М. Зильберман, Т.Г. Красильникова, Г.И. Самородов // - Электричество. -2013.-№11.
- 2 Справочник по проектированию электроэнергетических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. -4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2012.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** линия Итат-Экибастуз-Челябинск в габаритах 1150 кВ, пропускная способность, компенсированная электропередача, полуволновая электропередача, потери мощности, технико-экономические показатели

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Красильникова Татьяна Германовна, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «НГТУ»  
Потапенко Антон Михайлович, ученый секретарь СибНИИЭ, филиал ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630092, г.Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, ФГБОУ ВО «НГТУ»  
630126, г.Новосибирск, ул. Кленовая, 10/1, СибНИИЭ, филиал ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАВОЗА ГРУЗОВ В ПУНКТЫ РЕКИ ИНДИГИРКА**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.В. Седунова**

**SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF DELIVERY OF GOODS TO THE POINTS OF THE RIVER INDIGIRKA**

Siberian state university of water transport

M.V. Sedunova

The results justify the system of delivery of goods to the points of the river Indigirka.

*Keywords: systems, transport, river, efficiency, evaluation, northern delivery*

Изложены результаты обоснования системы завоза грузов в пункты реки Индигирка.

Нормальное функционирование и успешное развитие экономики страны и её регионов во многом зависит от эффективности и надежности системы транспортного обслуживания и доставки сырья, материалов и готовой продукции потребителям. Особая роль в выполнении этих задач возложена на системы северного завоза грузов. Проблема транспортного обслуживания в системе северного завоза грузов имеет специфические особенности по сравнению с другими регионами России. Характерными для нее являются сложные, экстремальные условия осуществления транспортного процесса. Она была рассмотрена на примере организации завоза грузов в пункты р. Индигирка для нужд Абыйского, Момского и Аллаиховского улусов Республики Саха (Якутия). Пункты отправления грузов расположены на берегах р. Лена и р. Колыма [2].

Бассейн р. Индигирка расположен в северо-восточной части Республики Саха (Якутия), зоне вечной мерзлоты. Вначале река протекает по плоскогорью, затем пересекает отроги хребта Черского, далее течет по Яно-Индигирской низменности и впадает непосредственно в Восточно-Сибирское море. Река Индигирка в верхней части имеет горный характер, протекает в каменистом русле, скорость течения достигает 15 км/ч, поэтому участок реки выше пос. Хонуу не пригоден для судоходства. Ниже пос. Хонуу (1134 км) русло реки галечное с множеством мелей, кос до селения Крест-Майор (856 км) река течет среди высоких сопок, покрытых лесами. Скорость течения на этом участке колеблется от 7 до 15 км/ч, на порожи-стых участках ниже селения Крест-Майор, река выходит на низменность и до истока селения Ожогино (452 км) имеет большую извилистость, и разделяется на множество рукавов, образуя при этом большое количество протоков, ниже селения Ожогино извилистость реки уменьшается, однако по-прежнему остается многорукавной, ниже 130 км начинается тундровая дельта.

Для завоза грузов используется водный путь протяженностью 1134 км (от устья до пос. Хонуу). Здесь имеется три участка, которые резко отличаются по своим гидрологическим характеристикам.

Первый – морской рейд протяженностью 30 км, относится к классу «М». Течения здесь практически нет.

Влияние на судоходство оказывают сгонно-нагонные ветры, дрейфующие льды, туманы. Из-за большого стока ила и песка с реки на этом участке образовалась отмель – бар р. Индигирка. Гребень бара является основным лимитирующим участком, имеющим тенденцию роста. Глубина на баре находится в прямой зависимости от сгонно-нагонных ветров и колеблется от 0,6 до 3,0 м и более, в зависимости от силы ветра. Для обеспечения судоходства набаровой части производится разработка прорези с июля до конца навигации.

Второй – «0 км»-пос. Дружина – участок разряда «Р» протяженностью 714 км, скорость течения на участке различна. «0 км»-Чокурдах – 4 км/ч, Чокурдах-Дружина – 5 км/ч. Грунт песчано-гравийный. Особых затруднений для судоходства участок не имеет.

Третий – пос. Дружина-пос. Хонуу – участок разряда «Л» классифицируется как «Малые реки». Протяженность его 420 км, характеризуется сильно разветвленным руслом, большим количеством протоков, осередков, скорость течения в среднем 12 км/ч, на перекатах достигает 16 км/ч, расположение судового хода неустойчивое, основными затруднениями для судоходства являются: узкий извилистый судовый ход с недостаточными глубинами, большие скорости течения, наличие свальных и прижимных течений. Габариты судового хода не гарантируются. Грунт песчано-галечный, местами каменистый. Глубины на перекатах зависят

от уровней воды, которые в свою очередь находятся в прямой зависимости от атмосферных осадков и интенсивности течения льдов и снегов в горах.

Транспортная инфраструктура системы завоза малоразвита. Наиболее крупный ее элемент – Белогорский речной порт расположен на 604 км правого берега р. Индигирка в поселке Белая Гора и является основным транспортным предприятием, обслуживающим три административно-хозяйственных района Крайнего Севера республики Саха (Якутия), расположенных на Северо-Востоке республики в бассейне р. Индигирка: Аллайховский, Абыйский и Момской.

Обработка флота и переработка грузов в бассейне р. Индигирка ведется на не обустроенных причалах, которые представляют собой естественный берег без какой-либо механизации, складских помещений и грузовых площадок на причалах нет. Переработка грузов производится во всех населенных пунктах, расположенных в бассейне р. Индигирка.

Эксплуатационный период навигации на р. Индигирка в среднем составляет 116-120 суток.

Флот порта отстаивается в открытом русле реки. Обустроенного затона в порту нет. Ремонтная база порта состоит из оборудования и станочного парка плавмастерской «ПМ-406». Имеющееся оборудование плавмастерской позволяет производить лишь минимально необходимую работу по поддержанию флота в рабочем состоянии.

Состав транспортного флота представлен самоходными сухогрузно-наливными судами проектов Р-33ЛО, Р-33Б, Ф-600, Р-33ЛТМ и Р-14А; несамоходными сухогрузными судами пр.16801МБ; наливными судами пр.16802. Имеется также рейдово-маневровый флот. Кроме того, в завозе грузов участвуют суда Ленского объединенного речного пароходства «Лена-нефть» (пр.Р-77), «Сибирский» (пр.292) и другие.

В структуре завозимых грузов различные грузы: уголь, нефть, газоконденсат, нефтепродукты, стройматериалы, промышленные и продовольственные товары. При обосновании системы завоза грузов нами выделены энергоресурсы, как наиболее значимые для обеспечения муниципальных нужд.

Решение задачи осуществляется поэтапно: первый – обоснование схем завозов грузов и типов судов; второй – разработка элемента графика движения и расчет эксплуатационных показателей работы флота; третий – определение экономической эффективности разработанной системы доставки грузов. В качестве критерия использована система показателей.

При обосновании схем завоза каменного угля из Зырянки на Колыме в Белую Гору на Индигирке, рассмотрены следующие возможные варианты:

– маршрутная схема: составами Р-33ЛТМ+1×16801 (Зырянка-Зеленый Мыс), Ф-600+1×16801 (Зеленый Мыс-бар р. Индигирка) и Р-33ЛТМ+1×16801(бар р. Индигирка-Белая Гора);

– немаршрутная схема с паузой: составами Р-33ЛТМ+1×16801 (Зырянка-Зеленый Мыс), Ф-600+1×16801 (Зеленый Мыс-бар р. Индигирка) и Р-33ЛТМ+1×16801 (бар р. Индигирка-Белая Гора);

– немаршрутная схема с перевалкой: составами Р-33ЛТМ+1×16801 (Зырянка-Зеленый Мыс), «Капитан Марков» пр.902 (Зеленый Мыс-бар р. Индигирка), Р-33ЛТМ+1×16891 (бар р. Индигирка-Белая Гора).

Схемы завоза нефтепродуктов:

– «Ленанефть» пр.Р-77 (р. Лена-бар р. Индигирка), 414В (бар р. Индигирка-Чокурдах/Белая Гора);

– «Ленанефть» пр.Р-77 (р. Лена-бар р. Индигирка), Р-33ЛТМ+1×16802 (бар р. Индигирка – Чокурдах/Белая Гора).

Наличие сгонно-нагонных явлений на баре р. Индигирка представляет серьезный фактор риска, поскольку во многом определяет глубину судового хода на баре. Нами рассмотрены три возможных сценария развития: расчетный (базовый), при котором глубины 200 см гарантируется в течение 61 суток, и два отклонения. Первый (пессимистический) 22 суток, второй (оптимистический) 61 суток.

В анализе результатов расчетов по обоснованию схем завоза каменного угля предпочтение отдано первому (маршрутная схема) (таблица 1), а нефтепродуктов – второму.

Для организации завоза каменного угля используется линейная форма (таблица 2).

И у нефтепродуктов – рейсовая (таблица 3).



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Таблица 1 – Оптимальная расстановка флота по участкам работы при доставке КУ

| Участок работы               | Тип флота     | Себестоимость, руб./т |
|------------------------------|---------------|-----------------------|
| Зырянка-Зеленый Мыс          | Р-33+1×16801  | 993                   |
| Зеленый Мыс-бар р. Индигирка | Ф-600+1×16801 | 657                   |
| Бар р. Индигирка-Белая Гора  | Р-33+1×16801  | 1433                  |

Таблица 2 – План освоения перевозок грузов и организации работы флота тип Р-33+1×16802 (период работы 61 сутки; частота отправления судов 0,33 1/сутки)

| Маршрут                     | Груз | Масса груза, тыс. т | Загрузка, т | Судопоток | Кругового рейс, суток | Потребность во флоте |         | Грузооборот, млн. т·км | Производительность в валовые сутки, т·км/т·сутки |
|-----------------------------|------|---------------------|-------------|-----------|-----------------------|----------------------|---------|------------------------|--|
|                             |      |                     |             |           |                       | ед.                  | т·сутки |                        |  |
| Бар р. Индигирка-Чокурдах   | НП   | 20090               | 988         | 22        | 3                     | 1                    | 156,9   | 47,82                  | 28,04  |
| Бар р. Индигирка-Белая Гора | НП   | 16200               |             | 17        |                       |                      |         |                        |  |
| Чокурдах-Бар р. Индигирка   | –    | –                   | –           | 22*       | 6                     | 2                    | 253,9   | 10,27                  | 40,46  |
| Белая Гора-Бар р. Индигирка | –    | –                   | –           | 17*       |                       |                      |         |                        |  |

\*-порожний грузопоток; НП-нефтепродукты

Таблица 3 – Календарный график отправления и прибытия судов

| Пункты           |                  | Календарные даты         |                               |             |           |                       |                        |                              |                                 |                       |
|------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|-----------|-----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| отправление      | назначение       | Количество груза, тыс. т | Тип состава                   | Загрузка, т | Судопоток | отправление с Зырянки | прибытие в Зеленый Мыс | прибытие на бар р. Индигирка | отправление с бара р. Индигирка | прибытие в Белую Гору |
| Зырянка          | Бар р. Индигирка | 15600                    | Р-33+1×16801<br>Ф-600+1×16801 | 2278        | 7         | 29.07                 | 02.08                  | 05.08                        | 06.08                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 16.08                 | 20.08                  | 23.08                        | 24.08                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 02.09                 | 06.09                  | 09.09                        | 10.09                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 05.08                 | 09.08                  | 12.08                        | 13.09                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 22.08                 | 26.08                  | 29.08                        | 30.08                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 09.09                 | 13.09                  | 16.09                        | 17.09                           |                       |
|                  |                  |                          |                               |             |           | 10.08                 | 14.08                  | 17.08                        | 18.08                           |                       |
| Бар р. Индигирка | Белая Гора       | 7933                     | Р-33+1×16801                  | 1139        | 7         |                       |                        | 05.08                        | 06.08                           | 09.08                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 12.08                        | 13.08                           | 16.08                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 17.08                        | 18.08                           | 21.08                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 23.08                        | 24.08                           | 27.08                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 29.08                        | 30.08                           | 02.09                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 09.09                        | 10.09                           | 13.09                 |
|                  |                  |                          |                               |             |           |                       |                        | 16.09                        | 17.09                           | 20.09                 |

Для оценки принимаемых решений на завершающем этапе рассчитаны сводные показатели экономической эффективности, такие как себестоимость перевозок, доходы и расходы, фондоемкость, рентабельность с учетом оценки влияния риска изменения глубин на бере р. Индигирка [1] (таблица 4 и 5).

Итак, наиболее важными факторами влияния на надежность и эффективность завоза грузов в пункты р. Индигирка является наличие бара в устьевом участке глубины судового хода. В навигацию 2013 года ситуация сложилась наихудшим образом, что привело срыву завоза грузов для нужд трех улусов (районов) Республики Саха (Якутия). Было запланировано завезти 53,9 тыс. т различных грузов. Доставка их производилась судами Ленского объединенного речного пароходства.

Для участия в завозе запланировано на морском участке 28 судов и на бере р. Индигирка 14 судов. Однако, через бар доставлено всего 27,9 тыс. т, в том числе на слу-

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

чайном отстое осталось 26 судов с грузом 5,7 тыс. т.

Таблица 4 – Сводная эффективность предлагаемых проектных решений по углю

| Наименование показателя                             | Условное обозначение  | Метод определения                     | Значения по вариантам |           |                 |
|---|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
|   |                       |                                       | пессимистический      | расчетный | оптимистический |
| 1 Количество перевозок, тыс. т                      | $G_H$                 | –                                     | 15,6                  | 15,6      | 15,6            |
| 2 Стоимость ОПФ, млн. руб.                          | $\Phi$                | –                                     | 101,94                | 101,97    | 93,44           |
| 3 Доходы от перевозки, млн. руб.                    | $D$                   | $D = d_0 G_H$                         | 50,49                 | 50,49     | 50,49           |
| 4 Эксплуатационные расходы, млн. руб., в том числе: | $\mathcal{E}$         | –                                     | 48,09                 | 48,09     | 42,0            |
| – амортизация, млн. руб.                            | $A$                   | $A = 0,05\Phi$                        | 5,097                 | 5,098     | 4,67            |
| 5 Прибыль от перевозки, млн. руб.                   | $\Pi$                 | $\Pi_n = D - \mathcal{E}$             | 2,4                   | 2,4       | 8,49            |
| 6 Себестоимость перевозки, руб./т                   | $S$                   | $S = \mathcal{E}/G_H$                 | 3082,7                | 3082,7    | 2692,3          |
| 7 Рентабельность ОПФ, %                             | $E$                   | $E_n = (\Pi/\Phi)100$                 | 2,35                  | 2,35      | 9,09            |
| 8 Приведенные издержки                              | $\mathcal{Z}$         | $\mathcal{Z} = \mathcal{E} + 0,1\Phi$ | 58,28                 | 58,29     | 51,34           |
| 9 Среднегодовой коммерческий эффект, млн. руб.      | $\mathcal{E}_k$       | $\mathcal{E}_k = \Pi + A$             | 7,5                   | 7,5       | 13,16           |
|   | $\Delta\mathcal{E}_k$ | –                                     | 0,00                  | –         | +6,95           |

Таблица 5 – Сводная эффективность предлагаемых проектных решений по нефтепродуктам

| Наименование показателя                             | Условное обозначение  | Метод определения                     | Значения по вариантам |           |                 |
|---|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
|   |                       |                                       | пессимистический      | расчетный | оптимистический |
| 1.Количество перевозок, тыс. т                      | $G_H$                 | –                                     | 37,9                  | 37,9      | 37,9            |
| 2.Стоимость ОПФ, млн. руб.                          | $\Phi$                | –                                     | 104,27                | 104,27    | 85,02           |
| 3.Доходы от перевозки, млн. руб.                    | $D$                   | $D = d_0 G_H$                         | 45,32                 | 45,32     | 45,32           |
| 4.Эксплуатационные расходы, млн. руб., в том числе: | $\mathcal{E}$         | –                                     | 43,16                 | 43,16     | 35,59           |
| – амортизация, млн. руб.                            | $A$                   | $A = 0,05\Phi$                        | 5,21                  | 5,21      | 4,25            |
| 5.Прибыль от перевозки, млн. руб.                   | $\Pi$                 | $\Pi_n = D - \mathcal{E}$             | 2,16                  | 2,16      | 9,73            |
| 6.Себестоимость перевозки, руб./т                   | $S$                   | $S = \mathcal{E}/G_H$                 | 1138,79               | 1138,79   | 939,05          |
| 7. Рентабельность ОПФ, %                            | $E$                   | $E_n = (\Pi/\Phi)100$                 | 2,07                  | 2,07      | 11,4            |
| 8. Приведенные издержки                             | $\mathcal{Z}$         | $\mathcal{Z} = \mathcal{E} + 0,1\Phi$ | 53,59                 | 53,59     | 44,09           |
| 9. Среднегодовой коммерческий эффект, млн. руб.     | $\mathcal{E}_k$       | $\mathcal{E}_k = \Pi + A$             | 7,37                  | 7,37      | 13,98           |
|   | $\Delta\mathcal{E}_k$ | –                                     | 0,0                   | –         | +9,49           |

Причины такого провала многочисленны: человеческий фактор, субъективные и объективные факторы. Так, отмечен простой сухогруза «Капитан Макаров» с каменным углем на баре р. Индигирка с 05.08.2013 г. до 08.08.2013 г, танкеров «Ленанефть 2064» и «Ленанефть 2027» с 11.08.2013 г. до 15.08.2013 г. в ожидании перегрузочных работ. Гидрометеорологическая обстановка на баре р. Индигирка отрицательно повлияла на выполнение перевозок в необходимом объеме, так как гарантированная глубина судового хода 200 см наблюдалась только 5 суток в разные календарные даты. Более или менее приемлемые для работы флота глубины наблюдались с 25 августа.

Ограничения по глубинам судового хода повлияли на провозную способность флота, поскольку загрузка сухогрузно-наливных судов снижается на 22%, несамоходных сухогрузных судов – на 33%, и наливных – на 40%.

Причиной существенного снижения глубины судового хода, помимо указанных выше, являются сгонно-нагонные явления. При северных ветрах волны движутся через бар в устье, поднимая уровень глубины и, наоборот, южные – их снижают. Так случилось, что южное направление ветров доминировало в наиболее удобный период судоходства, а в целом, в течение арктической навигации составило 50%.

Подводя итоги проведенного обоснования, отмечается, что здесь требуются более глубокие исследования транспортно-логистической системы, определения схем и способов перевозок грузов, структуры технических средств перевозки и перегрузки, проведения дноуг-



любительных работ, а также элементов транспортной системы, необходимо обеспечить надежность функционирования всей этой системы развития транспортной инфраструктуры в пунктах перевалки и прибытия грузов. С позиций организации перевозок и работы флота рекомендуется рациональное сочетание линейной и рейсовой форм движения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бунеев, В.М. Менеджмент на внутреннем водном транспорте: учебник / В.М. Бунеев, А.В. Зачесов, Ю.В. Турищев. Под общей редакцией В.М. Бунеева. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -430 с.

2 Бунеев, В.М. Методические особенности анализа и оценки эффективности функционирования речного транспорта региона / В.М. Бунеев, Е.О. Выдрин // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2012, -№1, -С. 13-16.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** системы, транспортные, речные, эффективность, оценка, северный завоз

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Седунова Марина Васильевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

## **ЕДИНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В СОГЛАСОВАННОЙ РАБОТЕ РЕЧНОГО ПОРТА И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Ю.С. Боровская, В.Ю. Зыкова**

**A SINGLE TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE COORDINATED WORK OF THE RIVER PORT AND RAILWAY STATION**

**Siberian state university of water transport**

**Yu.S. Borovskaya, V.Yu. Zyкова**

Role and development order of the single technological process in the work of river and railway transport are considered.

*Keywords: multimodal transport, a single technological process, river port, transportation hub*

Рассматриваются роль и порядок разработки единого технологического процесса в работе речного и железнодорожного транспорта.

Технология работы транспортных узлов во многом зависит от взаимодействующих видов транспорта, объемов и структуры грузопотоков, характера грузовых операций. Задачи технологического взаимодействия, которые должны решаться для таких узлов: организация маневрового обслуживания грузовых фронтов, обеспечение порожним подвижным составом, выбор очередности обработки транспортных средств; обеспечение минимальных простоев речных судов и железнодорожных вагонов под грузовыми операциями; определения оптимального плана завоза-вывоза грузов; оптимизации использования речного и железнодорожного транспорта в плане сокращения простоя в ожидании обработки, улучшения использования его грузоподъемности, целесообразности задержки транспортных средств для организации прямого варианта перегрузки [3, 5].

Наиболее совершенной формой технологического взаимодействия различных видов транспорта в узлах является единый технологический процесс (ЕТП). К сожалению, в настоящее время единый технологический процесс практически не разрабатывается. В то же время опыт показывает целесообразность разработки такого документа, особенно на стыке железная дорога – порт для увязки грузопотока и тоннажа. Кроме того, использование ЕТП с применением современных информационных технологий позволит улучшить работу взаимодействующих видов транспорта [2].

ЕТП – это форма организации работы взаимодействующих в узле видов транспорта, увязывающая между собой технологию обработки транспортных единиц в пунктах взаимодействия, обеспечивающая единый ритм в процессе перевозок грузов. При организации работы по ЕТП решаются следующие задачи:

- разработка единых графиков выполнения операций с речными судами и железнодорожными вагонами;
- увязка единой технологии с маршрутизацией перевозок, планами формирования речных составов и железнодорожных поездов;
- обеспечение ритмичности погрузо-разгрузочных работ;
- разработка согласованных графиков подходов судов и составов в пункты перевалки [1].

ЕТП разрабатываются последовательно в несколько этапов.

1 В результате детального исследования и углубленного изучения состояния транспортных узлов, выявляют ограничивающие по техническому оснащению элементы, недостатки технологии и организации работы во взаимодействии участников процесса, устранение которых может существенно улучшить условия работы.

2 Оптимизируют распределение очередности объемов перевалки грузов в транспортном узле. Определяют порядок осуществления операций с транспортными средствами.

3 По существующим нормативам определяют продолжительность технологических операций с речными судами, железнодорожными вагонами и разрабатывают технологические графики для каждого вида транспорта. После составления простых технологических графиков выявляются возможности совмещения операций с целью сокращения затрат времени на простой подвижного состава в пункте перевалки [5].

4 После составления графиков обработки подвижного состава взаимодействующих видов транспорта, приступают к разработке единого суточного плана-графика работы пункта перевалки, предварительно проверив соблюдение основных условий взаимосогласованной работы речного порта и железнодорожной станции:

– Среднесуточное расчетное количество груза, прибывающее в речной порт для перевалки не должно быть больше суммарной пропускной способности причалов

$$\bar{g}_c \leq \sum \Pi_{\text{фр}} ,$$

где  $\bar{g}_c$  – среднесуточное расчетное количество груза, т/сут.;

$\sum \Pi_{\text{фр}}$  – суммарная пропускная способность причалов, т/сут.

Это условие должно соблюдаться в целях обеспечения перегрузки на данном причале планового навигационного количества груза.

– минимальный интервал прибытия речных судов или речных составов (железнодорожных составов) должен быть больше или равен технологическому интервалу их обработки:

$$I_{\text{пр}}^c \geq I_{\text{техн}}^c ; I_{\text{пр}}^{\text{ж}} \geq I_{\text{техн}}^{\text{ж}} ,$$

где  $I_{\text{пр}}^c$  – минимальный интервал прибытия речных судов или составов в речной порт, ч

$$I_{\text{пр}}^c = \frac{24t_n n_c G_c}{G_n} ;$$

$I_{\text{техн}}^c$  – технологический интервал полной обработки речного судна или речного состава в порту перевалки груза, ч

$$I_{\text{техн}}^c = \sum t_{\text{пр}}^c + t_{\text{эр}}^c + \sum t_{\text{от}}^c ;$$

$I_{\text{пр}}^{\text{ж}}$  – минимальный интервал прибытия железнодорожных составов на припортовую железнодорожную станцию, ч

$$I_{\text{пр}}^{\text{ж}} = \frac{24t_n n_{\text{ж}} g_{\text{ж}}}{G_n} ;$$

$I_{\text{техн}}^{\text{ж}}$  – технологический интервал полной обработки железнодорожного состава на припортовой железнодорожной станции, ч

$$I_{\text{техн}}^{\text{ж}} = \sum t_{\text{пр}}^{\text{ж}} + t_{\text{эр}}^{\text{ж}} + \sum t_{\text{от}}^{\text{ж}} ,$$

$24t_n$  – длительность эксплуатационного периода работы причала в течение навигации, ч;

$n_c, n_{\text{ж}}$  – количество речных судов в речном составе и железнодорожных вагонов в железнодорожном составе соответственно, ед.;

$G_c, g_{\text{ж}}$  – количество груза в речном судне и железнодорожном вагоне соответственно, т;

$\sum t_{\text{пр}}^c, \sum t_{\text{от}}^c$  – суммарное время выполнения операций с речным судном (составом) по прибытию и отправлению соответственно, ч;

$\sum t_{\text{пр}}^{\text{ж}}, \sum t_{\text{от}}^{\text{ж}}$  – суммарное время выполнения операций с железнодорожным составом по прибытию и отправлению соответственно, ч;

$G_n$  – навигационное количество груза на причале, т.

Для исключения простоев флота и вагонов в ожидании обработки интервал обработки должен быть меньше интервала прибытия.

– Количество порожнего тоннажа, подаваемого в пункт перевалки одним видом транс-

порта, должно соответствовать количеству груза, прибывающему в другом виде транспорта

$$n_c G_c = n_e g_e.$$

Это условие является одним из главных для перегрузки грузов по прямому варианту, для этого должны быть и суда и вагоны и грузы.

– Календарные сроки прибытия в транспортный узел груженых и порожних составов железнодорожного и водного транспорта должны быть согласованы по времени, чтобы к началу грузовых операций вагоны стояли на причале, а суда у причала – в целях перегрузки наибольшего количества грузов по прямому варианту [4].

Невыполнение всех или части условий взаимосогласованной работы приведет к накоплению грузов на складе, задержке отправления груза, увеличению стоимости грузовой массы. Для того чтобы ЕТП решал задачи оптимизации работы пунктов взаимодействия, необходимо, чтобы этот документ включал в себя следующие разделы:

– Техническая и эксплуатационная характеристика речных портов и железнодорожных станций.

– Организация технологии и обработки железнодорожных вагонов на станции.

– Организация грузовой и коммерческой работы в речном порту и на железнодорожной станции.

– Система согласованного текущего и оперативного планирования и управления процессом взаимодействия видов транспорта.

– Определение параметров ЕТП (расчет размеров грузопотоков и вагонопотоков, норм времени на выполнение грузовых и маневровых операций и др.).

– Определение экономической эффективности ЕТП.

В результате разработки ЕТП сокращается время обработки подвижного состава, уменьшается коэффициент прохождения груза через склад  $\alpha$  при наличии порожнего и груженого подвижного состава. В результате увеличения количества груза, идущего по прямому варианту, получаем экономический эффект по перегрузочным работам от внедрения ЕТП

$$\Theta = (G_n^{баз} - G_n^{пред}) S_{баз}, \text{ тыс. руб.},$$

где  $G_n^{баз}$  – грузопереработка при базовом значении  $\alpha$ , тыс. т;

$G_n^{пред}$  – грузопереработка при оптимальном значении  $\alpha$ , тыс. т;

$S_{баз}$  – себестоимость перегрузочных работ, руб/т

$$S_{баз} = \frac{\Theta_n}{G_n}, \text{ руб/т},$$

$\Theta_n$  – эксплуатационные расходы по порту, тыс. руб.

Поскольку основными требованиями потребителей к перевозкам грузов в настоящее время является своевременность выполнения сроков поставок, качественная перевозка грузов и минимизация транспортных издержек, роль единого технологического процесса возрастает. Внедрение такой формы организации смешанных перевозок в современных условиях работы позволит обеспечить единство и непрерывность перевозочного процесса, ритмичность и согласованность подачи подвижного состава, единый организационно-правовой, коммерческий режим, единое информационное пространство для ускорения сроков доставки грузополучателям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Артамонычев, А.Н. Теория и практика единого технологического процесса работы порта и станции / А.Н. Артамонычев, А.В. Ширяев. –Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во., 1966. -71 с.
- 2 Зыкова, В.Ю. Теория и практика организации перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении / Зыкова, В.Ю // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015, -№3. -С. 6-9.
- 3 Жендарева, Е.С. Этапы развития теории и практики организации транспортного процесса на внутренних водных путях / Жендарева, Е.С. // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014, -№1. –С. 30-33.
- 4 Носов, В.П. Управление работой портов: методическая разработка на выполнение курсовой работы / В.П. Носов. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2008, -48 с.
- 5 Телегина, В.А. Взаимодействие видов транспорта при грузовых перевозках: учеб.пособие / В.А.Телегина. -Хабаровск: Дальн. Влст. шлс. ун-т. путей собщ., 2013. -90 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** смешанные перевозки, единый технологический процесс, речной порт, транспортный узел

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Боровская Юлия Сергеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Зыкова Валентина Юрьевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

**РАСХОДЫ, ЗАТРАТЫ И ИЗДЕРЖКИ В УПРАВЛЕНЧЕСКОМ УЧЕТЕ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.В. Мукасеев**

**COSTS, COSTS AND COSTS IN MANAGEMENT ACCOUNTING**

Siberian state university of water transport

A.V. Mukaseev

This article deals with the submission definition: expenditure, expenses, costs and their interrelationship.

*Keywords: accounting, charges, costs, expenses, rganization*

Говорится о представлении определений: расходы, затраты, издержки и об их взаимосвязи.

В современных рыночных отношениях управленческий учет и управленческий анализ являются составной частью системы управления предприятием. Организации должны иметь четкое представление об эффективности каждого принимаемого решения и их влияния на финансовые результаты, а также на величину затрат. Перед внедрением управленческого учета затрат на предприятии необходимо определиться чем же отличаются друг от друга затраты, издержки и расходы в управленческом учете. Рассмотрим данные понятия, представленные в нормативных актах Российской Федерации и учебно-методической литературе российских и зарубежных авторов.

В соответствии с положением по бухгалтерскому учету расходами организации признаются уменьшение экономических выгод в результате выбытия активов (денежных средств, иного имущества) и/или возникновение обязательств, приводящее к уменьшению капитала организации, за исключением уменьшения вкладов по решению участников (собственников имущества) [1].

Согласно Налоговому кодексу РФ расходами признаются обоснованные и документально подтвержденные затраты, осуществленные (понесенные) налогоплательщиком. Под обоснованными расходами понимаются экономически оправданные затраты, оценка которых выражена в денежной форме. Под документально подтвержденными расходами понимаются затраты, подтвержденные документами, оформленными в соответствии с законодательством РФ [2].

Б. Райзенберг дает следующее определение затратам. Затраты – это выраженные в денежной форме расходы предприятий, предпринимателей, частных производителей на производство, обращение, сбыт продукции. [3].

Зарубежный автор П. Кит считает, что затратами являются ресурсы, используемые в процессе производства [4].

В соответствии с Б. Райзенберг издержки – это выраженные в денежной форме затраты, обусловленные расходом разных видов экономических ресурсов (сырья, материалов, труда, основных средств, услуг, финансовых ресурсов) в процессе производства и обращения продукции, товаров [3].

По П. Кит экономические издержки – это все издержки, затраченные на привлечение ресурсов [4].

Таким образом, из предоставленных выше определений расходов и затрат можно сказать, что расходы более узкое понятие, чем затраты. Признаками отличия расходов от затрат являются: расходы имеют временной фактор, в отличие от затрат расходы должны иметь документальное подтверждение и быть экономически обоснованы, то есть полностью перенесшие свою стоимость за реализованную за этот период продукцию, а также расходы не могут быть в состоянии запасоємкости.

Под издержками понимаются совокупность всех расходов или затрат, связанные с производством определенного объема продукции и доведением ее до потребителя. Они включают в себя явные издержки, которые можно найти в бухгалтерских записях, и альтернативную стоимость: субъективную ценность, от которой отказываются, предпочитая одно действие другому [4].

Понятие «издержки» шире понятия «затраты», так как «издержки» включают специфические виды затрат. Рассмотрим данные понятия с позиции графического подхода, представленного на рисунке.

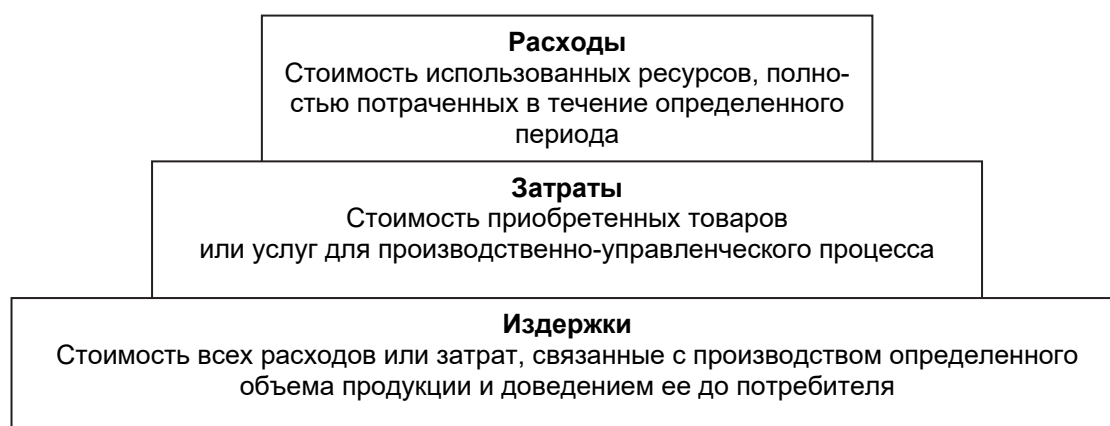


Рисунок – Отличие понятий «расходы», «затраты» и «издержки»

Таким образом, расходы — стоимость использованных ресурсов, которые полностью израсходованы в течение определенного периода для получения дохода. Затраты — стоимость приобретенных товаров или услуг, которая со временем будет списана в расходы. Издержки – это стоимость затрат, связанных привлечением ресурсов для получения прибыли и упущенная выгода организации.

Управленческий учет расходов, затрат и издержек является базой аналитической информации и средством наблюдения за фактами финансово-хозяйственной деятельности организации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Положение по бухгалтерскому учету «расходы организации» ПБУ 10/99: в ред. Приказов Минфина России от 27.04.2012 N 55н -М. Эксмо, 2011. -15 с.
- 2 Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть первая и вторая: от 05.08.2000 №117-ФЗ -М.: Эксмо, 2011. -672 с.
- 3 Райзенберг, Б. Современный экономический словарь / Б. Райзенберг, Л. Лозовский, Е. Стародубцева. -М.: Инфра-М, 2010. -512 с.
- 4 Кит. П. Управленческая экономика. Инструментарий руководителя / П. Кит, Ф. Янг. -СПб.: Питер, 2008. -624 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *учет, расходы, затраты, издержки, организация*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Мукасева Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.В. Мукасева**

### MARKETING STRATEGY

Siberian state university of water transport  
A.V. Mukaseev

This article talks about the need for new management decisions.

Keywords: *marketing, economics, need, strategy, demand, forecast*

Рассматривается необходимость принятия новых управленческих решениях.

Состояние современного общества характеризуется изменениями структуры международной конкуренции, происходящей под влиянием всемирной интеграцией и ускоренными темпами научно-технического прогресса. Динамичные условия внешней и внутренней среды способствуют снижению конкурентоспособности предприятий, значительным колебаниям спроса и предложения, износу техники и устареванию технологий. Все это ведет к изменению конкурентных преимуществ продукции.

В связи с этим возникает острая необходимость в новых управленческих решениях, касающихся взаимосвязанного функционирования рынка и российских предприятий, которые давали бы конкретное понимание того, каким образом будут меняться потребности покупателей, в каком направлении пойдет развитие рынка и современных технологий, какая продукция будет востребована и в каком количестве [4].

На помощь приходит такой инструмент экономики, как маркетинг, который можно назвать наукой, выходящей за рамки экономических категорий. Единого определения для «маркетинга» в современных научных трудах не существует. Но наиболее целесообразно применять нижеследующее определение: маркетинг представляет собой сложный экономический процесс, ориентированный на накопление, анализ, планирование и прогнозирование всех вероятных потребностей и желаний конечных потребителей, разработка на основании собранных сведений планов, прогнозов, долгосрочных стратегий производства товаров (услуг), их организацию и реализацию, а также сбыт изготовленной продукции, установленному заранее, на основе научных исследований, целевому потребителю.

Современная рыночная экономика ставит маркетинг на верхние ступени иерархии научных областей, такую же точку зрения высказывает английский исследователь Г. Хардинг, который говорит: «Для истинного предпринимателя вера в маркетинг подобна вере адвоката в букву Закона и вере врача в клятву Гиппократова» [3]. Маркетинг, как наука, имеет несколько разделов: производственный, товарный, сбытовой, стратегический, общественный, территориальный, маркетинг отношений, информационный, глобальный и политический.

Для успешного и устойчивого долгосрочного развития бизнес-структур необходимо проводить исследование в направлении стратегического маркетинга и разрабатывать на их основании долгосрочную стратегию, которая должна быть направлена на удовлетворение потребностей всех категорий покупателей, а также на получении конкурентных преимуществ над аналогичными предприятиями посредством улучшения качества товаров (услуг) и снижения цены на продукцию.

Следует подчеркнуть, что в процессе формирования маркетинговой стратегии предприятиям-производителям нужно выделить уникальные характеристики продукции, разработать торговую марку и осуществлять комплекс мероприятий в соответствии с принципами и методами маркетинга по поддержке и продвижению выбранных особенностей продукции, которая должна позиционироваться как наиболее предпочтительная для конечных потребителей конкретного целевого сегмента.

Любой товар (услуга) должна обладать индивидуальной особенностью, способной помочь фирме позиционировать собственный продукт как «номер один» среди аналогичной продукции [5]. У покупателей есть свойство запоминать такую торговую марку, которая преподносится с характеристикой «первого номера». Более перспективными характеристиками с точки зрения продвижения товаров являются: низкая цена, лучшее качество, лучшее обслуживание, высокая ценность, совершенная технология изготовления.

Исходя из этого, маркетинговая стратегия, которая направлена на достижение вышеперечисленных свойств и удержание достигнутой позиции способствует формированию хорошей деловой репутации предприятия на рынке за счет ассоциации потребителя с этой позицией.

При этом возможна ориентация маркетинговой стратегии по достижению нескольких наилучших свойств [2], особенно тогда, когда на рынке конкурирует несколько предприятий, которые позиционируют себя лучшими по отношению к одному свойству, что позволит достичь наиболее эффективного результата деятельности. Вместе с этим, предприятие должно убедить покупателей в том, что продаваемая продукция наиболее полно удовлетворит все потребности.

Формирование маркетинговой стратегии для роста конкурентоспособности и финансово-экономических показателей деятельности должна быть основана на следующих методах, которые позволяют достичь поставленных стратегических целей и миссии предприятия [1]:

- на прогнозировании потребительского спроса, ориентированного на выявлении направлений будущих потребностей покупателей и тенденций изменения рынков;
- на прогнозировании рыночного предложения, ориентированного на прогноз перспектив научно-технических и технологических достижений для производства продукции наиболее востребованной потребителями в будущем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Белякова, В.А. К вопросу о долгосрочном маркетинговом прогнозировании рынка / В.А. Белякова // Изв. высш. уч. заведений. Поволжский регион. - Пенза: ИИЦ ПГУ, 2012.
- 2 Бесчастнов, В.В. Роль маркетинговых коммуникаций в процессе продвижения услуг / Бесчастнов, В.В. // Сб. мат-лов пятой научн.-практ. конф. Рекламный вектор-2011: новые возможности. - М.: Рос. ун-т. дружбы нар., 2011.
- 3 Михалева, Е.П. Маркетинг. Конспект лекций. - Режим доступа: [http://thelib.ru/books/mihaleva\\_e/marketing\\_konspekt\\_lekciy-read.html](http://thelib.ru/books/mihaleva_e/marketing_konspekt_lekciy-read.html).
- 4 Котлер, Ф. Основы маркетинга / Ф. Котлер, Г. Армстронг, Дж. Сондерс, В. Вонг. - М.; СПб.; «Вильямс», 2002. - 458 с.



5 Павлова, В.А. Стратегии повышения конкурентоспособности российских торговых сетей на основе применения принципов эффективного управления. Состояние и перспективы развития малого и среднего бизнеса в России / В.А. Павлова. Мат-лы Межвузовской научн.-теорет. конф. -М., УРАО. -2011.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** маркетинг, экономика, необходимость, стратегия, спрос, прогноз  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Мукасейев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОРОЖНО-РЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II»

**А.А. Платонов**

**THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF USE ROAD-RAIL VEHICLES IN SUBURBAN TRAFFIC**  
Moscow state university of railway engineering  
A.A. Platonov

The article deals with rationing of costs for passenger transport road-rail vehicles. Identified the need for accounting the specifics of operation and maintenance of said transport means into account by introducing additional regulations, and conducted analysis of economic efficiency of their application.

*Keywords: railroad, commuter carriage, road-rail vehicles, regulation costs*

Рассмотрены вопросы нормирования затрат на пассажирские перевозки дорожно-рельсовыми транспортными средствами. Выявлена необходимость учёта специфики работы и технического обслуживания данных транспортных средств путём введения в расчёт дополнительных нормативов, и проведён анализ экономической эффективности их применения.

В настоящее время перевозка пассажиров в пригородном железнодорожном сообщении продолжает оставаться убыточным видом деятельности ОАО «РЖД» практически во всех субъектах Российской Федерации. При этом ввиду прекращения субсидирования пригородных пассажирских перевозок за счёт грузовых перевозок, а также продолжающихся споров между региональными администрациями и пригородными пассажирскими компаниями касательно компенсации выпадающих доходов, такая убыточность привела к отмене в 2013-2015 гг. пригородного движения. Отмена движения пригородных поездов стала возможной, в том числе, из-за внедряемой государством модели организации пригородного сообщения, которая впервые разрешила регионам (кроме Москвы и Санкт-Петербурга) отказаться от пригородного сообщения [1]. Вместо него предлагается инвестировать в развитие более эффективных видов транспорта, в частности, автомобильного транспорта.

С учётом вышеизложенного для обеспечения транспортной доступности небольших населённых пунктов нами предлагается использовать современный инновационный вид транспорта, сочетающий в себе с одной стороны преимущества автомобилей, а с другой стороны преимущества пригородных поездов, а именно, так называемые дорожно-рельсовые транспортные средства (ДРТС, рельсомобили) на комбинированном автомобильном и железнодорожном ходу [2, 3]. Особенностью таких технических средств является то, что они могут перемещаться по автомобильным дорогам общего пользования (в том числе, нередко – по бездорожью), а при необходимости данная техника двигается по железнодорожным рельсам. Достигается это путём внесения в конструкцию существующих транспортных средств определённых усовершенствований (установки рельсовых колёс, взаимодействующих с железнодорожными рельсами, и привода этих колёс), либо проектирования новых транспортных средств, изначально сочетающих в себе лучшие преимущества автомобильной и железнодорожной техники.

С целью разработки научно-методической базы по обоснованию целесообразности использования дорожно-рельсовых транспортных средств на конкретных маршрутах их эксплуатации была произведена оценка затрат на пассажирские перевозки данными транспортными средствами по ряду укрупнённых элементов (зарплатоёмкость  $Z$ , материалоёмкость  $M$ , амортизация  $A$  и т.д.) с использованием нормативов, обеспечивающих эффективное использование производственной базы автотранспортных организаций и сокращение непроизводительных затрат [4].

В целом, применение нормативного подхода направлено на решение приоритетных за-

дач как в автомобильной, так и в железнодорожной отрасли, удовлетворение потребности населения в качественных транспортных услугах, а также на общее обеспечение социально-экономического развития регионов Российской Федерации.

При определении нормативов затрат на пассажирские перевозки дорожно-рельсовыми транспортными средствами была выявлена необходимость учёта специфики работы и технического обслуживания данных рельсомобилей путём введения в расчёт ряда дополнительных нормативов (рисунок 1).

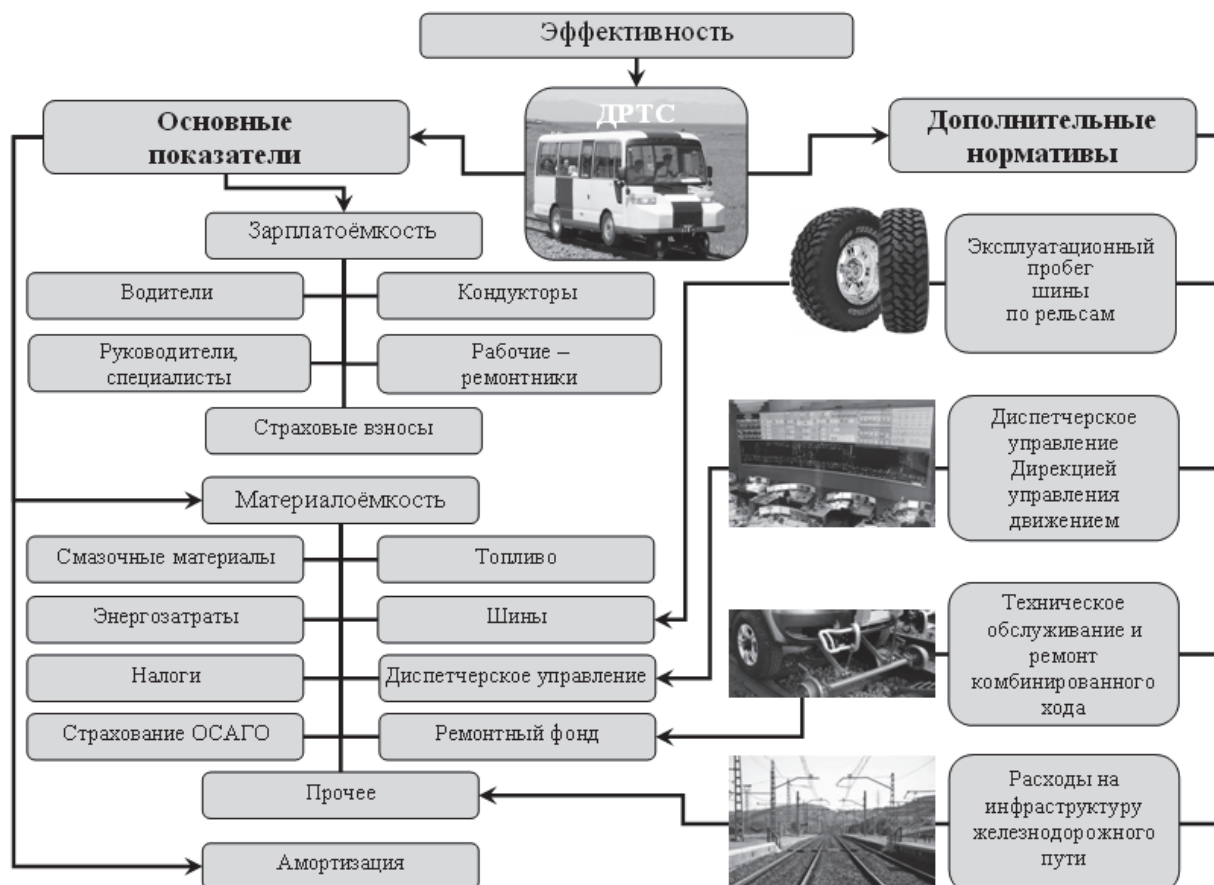


Рисунок 1 – Структура нормативов затрат на эксплуатацию дорожно-рельсовых транспортных средств.

Так, в соответствии с [5] норма эксплуатационного пробега шины по автомобильным дорогам  $L_{ш}^{ад}$  зависит от среднестатистического пробега шины, а также от категории и условий эксплуатации транспортного средства, и определяется зачастую экспериментальным путём. Вследствие этого для определения нормы эксплуатационного пробега шины по рельсам  $L_{ш}^{жд}$  целесообразно рекомендовать также экспериментальный метод с обоснованием соответствующих коэффициентов эксплуатации шины. При этом представляется целесообразным введение в нормативную документацию, описывающую классификацию условий эксплуатации, данных о виде поверхности, взаимодействующей с автомобильным колесом (металлический рельс), плане и профиле железнодорожной колеи (руководящие уклоны, допустимые радиусы кривых) и иных условий работы рельсомобилей (маневровая работа с вагонами, иная грузовая или пассажирская работа).

Ввиду отсутствия в настоящее время сведений о среднестатистическом пробеге шины  $L_{ш}^{жд}$  при эксплуатации ДРТС на железнодорожных рельсах в расчёте использовались данные по пробегу шины по автомобильной дороге.

Норматив затрат на диспетчерское управление движением ДРТС и обеспечение безопасности перевозок  $C_{об}$  следует определять с учётом необходимости диспетчерского управления движением рельсомобиля не только со стороны соответствующей автотранспортной организации  $C_{об}^{ад}$ , но и со стороны Дирекции управления движением по железной дороге  $C_{об}^{жд}$

$$C_{об} = C_{об}^{ад} + C_{об}^{жд}, \text{ руб./км.}$$



Норматив затрат на ремонтный фонд  $C_{рф}$  необходимо определять с учётом затрат на техническое обслуживание и ремонт не только базового шасси автомобиля  $C_{рф}^{авт}$ , но и комбинированного хода  $C_{рф}^{кх}$

$$C_{рф} = C_{рф}^{авт} + C_{рф}^{кх}, \text{ руб./км.}$$

Отдельной статьёй расходов при эксплуатации дорожно-рельсовых транспортных средств являются расходы на использование инфраструктуры железнодорожного пути. Особенностью осуществления пассажирских перевозок рассматриваемыми транспортными средствами является возможный неоднократный их переход с автомобильных дорог на железнодорожные рельсы и обратно. Это, в свою очередь указывает на необходимость обоснования норматива затрат, основанного на повременном использовании инфраструктуры и базируемого на способе учёта расстояния нахождения подвижного состава на рассматриваемом участке инфраструктуры (в рамках маршрута перевозки).

В случае использования затрат на инфраструктуру  $R_{инфр}^{уч}$  для протяжённого участка железнодорожного пути длиной  $L_{уч}$  затраты на использование инфраструктуры при эксплуатации дорожно-рельсовых транспортных средств предлагается определять как

$$R_{инфр}^{авт} = R_{инфр}^{уч} \cdot \frac{L_{авт}}{L_{уч}}, \text{ руб.,}$$

где  $L_{авт}$  – расстояние, пройденное рельсомобилем на рассматриваемом участке железной дороги, км.

В случае использования норматива затрат на инфраструктуру  $C_{инфр}$  затраты на использование инфраструктуры при эксплуатации дорожно-рельсовых транспортных средств будут определены как

$$R_{инфр}^{авт} = C_{инфр} \cdot L_{авт}, \text{ руб.}$$

С учётом вышеизложенных рекомендаций производилась оценка экономической эффективности применения дорожно-рельсовых транспортных средств для пригородных пассажирских перевозок на малоделятельных участках железнодорожного пути. К расчёту был принят реальный малоделятельный участок протяжённостью 63 км, с ежедневным курсированием рельсомобиля по рассмотренному маршруту при выполнении одного рейса (туда и обратно) за 3 ч. Общий пробег за период эффективной эксплуатации одного ДРТС вычислялся с учётом нормативной производственной программы в автомобиле-часах на единицу подвижного состава (919,8 авт.·ч) и средней скорости передвижения транспортного средства (40 км/ч).

Количество перевезённых пассажиров принималось с учётом небольшой плотности населения вдоль рассматриваемой малоделятельной линии железнодорожного пути и принималось исходя из предположения о номинальной заполняемости дорожно-рельсового транспортного средства (20 чел.) за один полурейс. Количество рейсов принималось равным нормативному количеству автомобиле-дней в эксплуатации в течение года (306 дней, определённое с учётом нормативного значения коэффициента выпуска автомобилей на линию).

Планируемые доходы от продажи проездных билетов определялись с учётом приказа Управления по регулированию тарифов [6], в соответствии с которым тариф на перевозку пассажиров автомобильным транспортом в пригородном сообщении был принят 1,70 руб. за 1 пасс/км.

Фонд оплаты труда водителей и кондукторов принимался с учётом тарифной 18-разрядной сетки и соответствующих межразрядных коэффициентов.

Затраты на топливо и смазочные материалы принимались с учётом средней цены за летнее и зимнее дизельное топливо в 34400 руб./т, а также необходимости включения отопителя салона в зимний период работы.

При расчёте энергозатрат учитывались затраты предприятия (на одно дорожно-рельсовое транспортное средство) на тепловую энергию, на электроэнергию, а также на потребляемую и сточную воду.

Амортизационные отчисления определялись с учётом принятой стоимости транспортного средства в 15 млн. руб. В соответствии с Общероссийским классификатором основных фондов ОКОФ рассматриваемые ДРТС были отнесены к пятой амортизационной группе

(срок амортизации до 10 лет).

Ввиду отсутствия в настоящее время нормативов на повременное (покилометровое) использование инфраструктуры железнодорожного транспорта соответствующие расходы принимались по данным, приведённым в [7].

С учётом вышесказанного, нами было проведено определение затрат на пригородные пассажирские перевозки при использовании для этих целей дорожно-рельсовых транспортных средств. Результаты исследования, приведённые к 1 км пробега, представлены на рисунке 2.

Наибольшая величина расходов приходится (как и следовало ожидать) на статью «Материалоёмкость» (49,2%). Однако при этом, в случае использования транспортного средства, работающего на газе (например, установив на рельсомобиль газодизельный двигатель), существует возможность снижения затрат по статьям «Топливо» и «Смазочные материалы» на 40%.

Определённый резерв снижения затрат есть по фонду оплаты труда (25,9% всех расходов), а именно по статье «Кондукторы» на 50% в случае возложения на водителя-машиниста дорожно-рельсового транспортного средства обязанностей по взиманию и контролю оплаты за проезд.

Расходы на использование инфраструктуры железнодорожного пути составили 16,8% всех расходов. Однако при этом необходимо учесть, что к расчёту был принят маршрут следования дорожно-рельсового транспортного средства исключительно по железнодорожной колее. В соответствии с этим существует определённый резерв уменьшения расходов по данной статье за счёт частичного (50% и менее) использования железнодорожной пути при следовании по установленному маршруту, учитывающему при этом интересы жителей региона. Кроме того, ввиду большой социальной значимости подобного вида перевозок, отмена для рассматриваемых транспортных средств платы за пользование инфраструктурой малоделятельных участков железнодорожного пути позволит повысить рентабельность пассажирских перевозок рельсомобильями.

Таким образом, с учётом вышесказанного, можно сделать следующий вывод. Ввиду продолжающегося сокращения пригородных перевозок железнодорожным транспортом с планируемой заменой его автомобильным транспортом представляется целесообразным внедрение для пригородного пассажирского движения современных инновационных транспортных средств на комбинированном ходу, полностью соответствующих при этом внедряемой государством Концепции развития пригородных пассажирских перевозок.

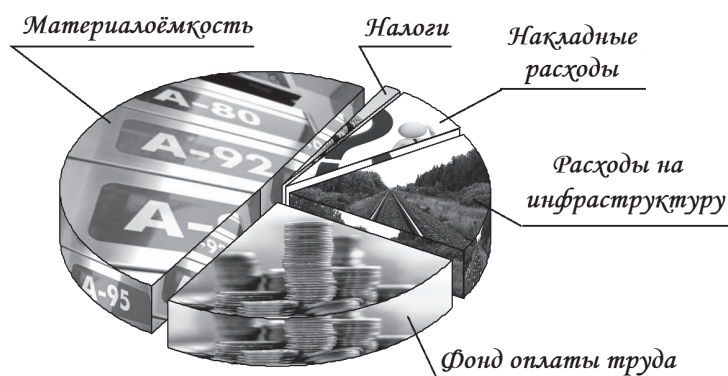


Рисунок 2 – Структура затрат на пассажирские перевозки дорожно-рельсовыми транспортными средствами

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Галлямова, Ю. Пассажиры высаживают из электричек / Ю. Галлямова // Коммерсант-Воронеж. Ежедневная общенациональная деловая газета. -2014. -№44 (5316)
- 2 Платонов, А.А. К вопросу классификации дорожно-рельсовых транспортных средств / А.А. Платонов // -Воронежский научн.-техн. вестн. -2014. -№1(7). С. 45-51.
- 3 Платонов, А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / А.А. Платонов // -Вестн. Ульяновского гос. техн. ун-та. -2015. -№1 (69). -С. 69-72.
- 4 Постановление от 28 сентября 2012 года №492-п «Об утверждении Методики формирования тарифов на перевозки пассажиров и багажа автомобильным транспортом на территории Красноярского края».
- 5 РД 3112199-1085-02. Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств.
- 6 Приказ УРТ Воронежской обл. от 03.07.2014 №29/2 «Об установлении предельных тарифов на перевозки пассажиров и багажа автомобильным транспортом на пригородных, внутриобластных, межобластных (межреспубликанских в пределах Российской Федерации) маршрутах Воронежской области» // Воронежский курьер. -2014. -№52.
- 7 Матвеева, С.Л. Экономическая эффективность использования рельсовых автобусов в пригородном сообщении / С.Л. Матвеева // -Наука и техн. трансп. -2010. -№4. -С. 71-73.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** железная дорога, пригородные перевозки, дорожно-рельсовые транспортные средства, нормирование затрат

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Платонов Алексей Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «МГУПС»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 127994, г.Москва, ул.Образцова, 9, стр.9, ФГБОУ ВО «МГУПС»

## СОГЛАСОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И НАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ 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

RECONCILIATION OF OPERATING MODES POWER LINES AND LOAD DEVICES 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

Technical limitations to the steady state. The inclusion of additional load in optimal locations.

Keywords: ice prevention, overhead power lines

Определены технические ограничения для установившегося режима и включение дополнительных нагрузок в оптимальных местах.

Электрическая нагрузка большинства потребителей непрерывно изменяется в течение суток и года. Так, отношение минимальной суммарной нагрузки суточного графика нагрузки к максимальной величине составляет около 0,5 для районов с крупной промышленностью и 0,3 и еще меньше для районов с малоразвитой промышленностью. Примерно те же соотношения характерны для минимальных и максимальных перетоков мощности по воздушным линиям (ВЛ). Учитывая изменения электрических нагрузок в течение суток, резисторные нагрузочные устройства (РНУ) должны включаться в работу в те гололедоопасные периоды времени, когда ток по линии недостаточен для предотвращения образования гололеда и с той необходимой мощностью, которая гарантирует с определенной степенью вероятности надежную работу ВЛ.

Загрузка многих линий на протяжении большей части суток достаточна для предотвращения образования гололеда, но в ночные часы этой нагрузки недостаточно. Поэтому мощность нагрузочного устройства (НУ) должна выбираться по уровню минимальной загрузки ВЛ в суточном разрезе и максимальному уровню в годовом.

Для эффективного применения профилактического мероприятия очень важным является вопрос выбора рациональных мест и мощности РНУ. Задача выбора рациональных мест подключения РНУ в распределителях относится к разряду оптимизирующих. Основной целью выбора является определение местоположения и мощности РНУ, обеспечивающего профилактический обогрев ВЛ, входящих в зону его действия, при сохранении в допустимых пределах мощностей генераторов станций, напряжений в узлах электрической сети, токов по другим линиям.

В общем виде для решения задачи профилактического прогрева проводов электрической сети необходимо по линии передавать минимум передаваемой мощности достаточной для повышения температуры провода  $\geq 1$  °С.

В общем виде уравнения установившегося режима записываются в виде:

$$W(X, Y) = 0, \quad (1)$$

где  $W$  – вектор – функция небалансов мощностей в узлах системы;

$X, Y$  – векторы зависимых и независимых параметров режима.

При фиксированном векторе  $Y$ -система уравнений (1) зависит лишь от  $\Psi$  и ее решение сводится к определению равного нулю минимума целевой функции

$$\Psi = \sum W_k^2(X), \quad (2)$$

где  $W_k(X)$  – уравнение установившегося режима для  $k$ -го узла, например, уравнение баланса мощности или тока в  $k$ -ом узле.

Важнейшей целью при расчетах установившегося режима является проверка условия: удовлетворяет ли рассчитанный режим техническим ограничениям. Техническим ограничениям должны удовлетворять модули напряжений генераторов и нагрузки, активные и реактивные мощности генераторов, токи и потоки мощности в линиях и т.д.

Режим является допустимым, если

$$\left. \begin{aligned} f_j - f_{jmax} &\leq 0 \\ f_j - f_{jmin} &\geq 0 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $f_j$  –  $j$ -контролируемая величина;

$f_{jmax}, f_{jmin}$  – наибольшее и наименьшее значения контролируемой величины.

Расчет установившегося режима состоит в определении зависимых переменных  $X$ , удовлетворяющих уравнению установившегося режима (1), при заданных значениях независимых переменных  $Y$ .

Расчет допустимого режима состоит в определении зависимых переменных  $X$  и независимых переменных  $Y$ , удовлетворяющих уравнению установившегося режима (1) и техническим ограничениям на контролируемые величины (3).

Расчет оптимального режима состоит в определении значений зависимых и независимых параметров режима  $X$  и  $Y$ , при которых удовлетворяются уравнения установившегося режима (1), технические ограничения на контролируемые величины (2) и целевая функция оптимизации равна наименьшему значению. Задача определения допустимого или оптимального режима начинается с расчета исходного установившегося режима. Если решение уравнений исходного установившегося режима не существует, то необходимо решать задачу ввода в область существования решения на первом шаге или в ходе итерационного процесса определения допустимого, а также оптимального режима.

Применяемые в настоящее время программы оптимизации режимов энергосистем не могут напрямую использоваться для решения поставленной задачи ввиду того, что целевая функция оптимизации в нашем случае другая - минимум мощности. РНУ, необходимой для обогрева ВЛ в заданном районе электрической сети при соблюдении всех режимных ограничений. В наибольшей степени для расчетов РНУ подходит программа комплексной оптимизации режимов сложных энергосистем (г. Иркутск), позволяющая определять допустимые режимы электрической сети при заданных ограничениях по токам линий. Варьируя местоположение и мощность РНУ, перебором вариантов определяется оптимальное местоположение и соответствующая мощность РНУ. В качестве примера приведем результаты расчетов, выполненных для участка электрической сети 110 кВ ПЭО «Одессаэнерго» ежегодно и по несколько раз подвергающемуся интенсивному гололедно-ветровому воздействию.

Расчеты выполнены для режима минимальных нагрузок, зафиксированных 19.12.1990 г. в 2 часа ночи. Данные замеров перетоков мощности (токи по линиям) сведены в таблицу. Как видно, уровень токов значительно ниже уровня допустимых значений. Для АС-185 допустимый ток 255 А (условие 1). В то же время, как видно из таблицы, в период максимальных нагрузок токи

Таблица – Режимы работы линий электропередачи при минимуме суммарной мощности НУ

| Линии электропередач | Минимальный режим, А | Максимальный режим, А | Режим с включением НУ, А |
|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Лузановка-30Р        | 70                   | 210                   | 273                      |
| 30Р                  | 85                   | 255                   | 360                      |
| Усатово-Лиманск      | 165                  | 330                   | 519                      |
| Лиманск-ГРЭС         | 141                  | 280                   | 459                      |
| Усатово-ОТЭЦ 1 цель  | 173                  | 432                   | 289                      |
| Усатово-ОТЭЦ 2 цель  | 173                  | 432                   | 289                      |
| Центролит-ЗРС        | 211                  | 425                   | 309                      |
| ЗРС-Чумка            | 135                  | 270                   | 248                      |

по линиям обеспечивают необходимый обогрев проводов. Была поставлена задача выбрать в электрической сети такую подстанцию, включение на которой РНУ определенной мощности позволит увеличить токи по ВЛ до необходимого уровня. Многочисленные расчеты показали, что включением одного сосредоточенного НУ задача не решается, необходимо две три точки подключения искусственной нагрузки. Данные расчета для двух НУ, включаемых на п/ст Лузаковка (55 МВт) и Чумка (117 МВт), приведены в таблице. Данный вариант отвечает минимуму суммарной мощности НУ. Как видно из таблицы, практически по всем линиям токи превышают допустимый уровень.

Полученный результат недостаточно оптимален: как видно из таблицы, по ряду линий токи значительно превышают необходимый, с точки зрения профилактики гололеда, уровень. Рациональное распределение искусственной нагрузки по электрической сети ПЭО «Одессаэнерго» в сетях 6-35 кВ может существенно снизить суммарную мощность НУ.

Дополнительными задачами, которые необходимо решать при реализации данного подхода к профилактике гололеда, являются: определение оптимальных мест включения дополнительных нагрузок, согласование принятых решений с техническими возможностями электрической сети и электротехнического оборудования, максимальным использованием уже имеющихся средств применяемых для плавки гололеда токами короткого замыкания и др.

#### 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 д.т.н., проф. Горелова В.П. -Новосибирск: Новосибир. гос. акад. водн. трансп., 1998. -209 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** предотвращение гололеда, воздушные линии электропередачи  
**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»

## **РАСЧЕТ РАЗЛОМА ЛЬДИН ПРИ ПРОПУСКЕ ЧЕРЕЗ ГИДРОУЗЛЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Н.Н. Фомичева, А.С. Тушина**

### **CALCULATION OF THE BREAK OF ICE FLOES AT ADMISSION ACROSS HYDRO ENGINEERING AT COMPLEX USE OF WATER RESOURCES**

Siberian state university of water transport  
N.N. Fomicheva, A.S. Tushina

The paper presents the schemes breaking ice floes on the concentrated overfall. The calculation of length of the broken off stripes of ice and is comparison of results with present data given.

*Keywords: hydro engineering, ice, strength, calculation of stress*

Приведены схемы разрушения льдин на сосредоточенном перепаде. Дан расчет длины отламывающихся полос льда и сопоставление результатов с имеющимися данными.

Водное законодательство предполагает регулирование водных отношений на основе юридических норм. Водные отношения разрешают вопросы, связанные с использованием и охраной природных запасов воды; их изучением, учетом и планированием использования, а также вопросы по предупреждению и ликвидации вредного воздействия вод.

Воды нередко становятся причиной значительных бедствий, которые могут нанести громадный ущерб народному хозяйству. К таким явлениям можно отнести катастрофические наводнения. Проблема наводнений и других экстремальных гидрологических событий все более активно обсуждается в мире и в России. Это связано с растущим масштабом потерь и ущербов от наводнений [1]. Также негативные последствия и затопление земель вызывают сложные условия пропуска льда на некоторых реках.

Основы водного законодательства обязывают предприятия, организации и учреждения проводить мероприятия по предупреждению и ликвидации наводнений, затоплений и других вредных воздействий вод.

Для решения многих вопросов необходимо осуществлять как регулирование речного стока, так и создание гидротехнических объектов, позволяющих осуществлять успешное прохождение паводка, сопровождающегося ледоходом. Это будет отвечать требованиям Основ водного законодательства по региональному использованию водных ресурсов.

Итак, чтобы избежать возникновения заторов, ведущих к катастрофическим явлениям, необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на обеспечение пропуска льда в весенний период. Мероприятия можно разделить на два класса: технологические и конструктивные. Эти мероприятия, как правило, направлены или на увеличение срока задержания ледяного покрова, или на снижение толщины и прочности льда, или на уменьшение



размеров льдин перед их подвижкой. Технологические мероприятия приводят к значительному увеличению эксплуатационных расходов. Взрывные работы наносят ущерб рыбному хозяйству. Вредными являются профилактические мероприятия для разрушения ледяного покрова рассеиванием зачерняющих или химических материалов [2].

Конструктивные решения помогают обеспечивать беспрепятственный пропуск весеннего льда через гидроузлы. Некоторые предложенные конструктивные решения защищены авторскими свидетельствами [3, 4] и направлены на создание сосредоточенного перепада (за счет устройства вспомогательного порога).

Успешный пропуск льда зависит от многих факторов, один из которых – размер льдин вдоль потока. Чем он меньше, тем при более узких пролетах возможен пропуск льда. Для обеспечения успешного пропуск льда через отверстия основного сооружения создается сосредоточенный перепад. Лдына, двигаясь через этот перепад, испытывает напряжения на изгиб, причем, в зависимости от величины перепада и стадии движения льдин в напряженном состоянии могут находиться как верхние, так и нижние слои льда. Поэтому возможны два варианта разлома льда. Первый – ледяное поле имеет большую длину вдоль потока. В этом случае растягивающие напряжения возникают в верхних слоях льда (разлом происходит как показано на рисунке 1а и 1б). Второй – ледяное поле имеет относительно небольшие размеры, растянуты нижние слои льда, и разлом возможен как показано на рисунке 1в.

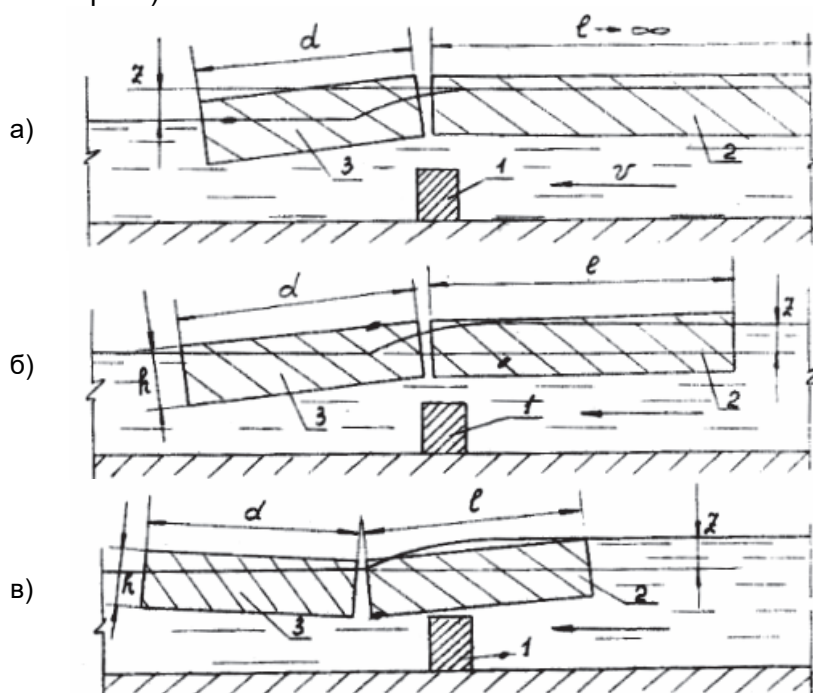


Рисунок 1 – Схемы разрушения льда на сосредоточенном перепаде: 1-вспомогательный порог; 2-ледяное поле; 3-отломившаяся часть льдины

Второй – ледяное поле имеет относительно небольшие размеры, растянуты нижние слои льда, и разлом возможен как показано на рисунке 1в.

В задачу входит определение напряжений и места вероятного разлома льдины. Вторая задача состоит в определении размеров льдин, которые проходят через перепад без разлома.

На напряженное состояние льдины большое влияние оказывает величина сосредоточенного перепада, форма свободной поверхности на перепаде, размер льдины и угол ее наклона. Таким образом, при расчете напряженного состояния льда на сосредоточенном перепаде необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы.

Условие разлома льдины на перепаде можно записать в следующем виде [5]

$$R_{up} \geq R_{u_{np}}; \quad (1)$$

$$R_{up} = \frac{M}{W}, \quad (2)$$

где  $R_{up}$  – расчетные значения напряжения на изгиб, возникающие в ледяном поле при движении через перепад;

$R_{u_{np}}$  – допустимая (предельная) прочность ледяного поля;

$M$  – изгибающий момент, возникающий в ледяном поле при движении через перепад;

$W$  – момент сопротивления сечения.

Величина изгибающего момента складывается из моментов всех действующих сил: собственного веса, гидростатического давления, сил инерции и т.д.

Таким образом, суммарное воздействие на льдину зависит от размеров льдины, траектории ее движения, формы свободной поверхности и скорости относительного движения

льдины и воды. В общей постановке такая задача в системе поток – твердое тело может быть решена с помощью системы уравнений движения жидкости и твердого тела.

Изгибающий момент сечения  $x_{k1}$ , входящий в выражение (1), в векторной форме с учетом принятых допущений запишется

$$\bar{M}_{x_k} = \bar{M}_{x_{kg}} + \bar{M}_{x_{kc}} + \bar{M}_{x_{kr}} + \bar{M}_{x_{kx}} + \bar{M}_{x_{ky}}, \quad (3)$$

где  $\bar{M}_{x_{kg}}$  – момент силы тяжести;

$\bar{M}_{x_{kc}}$  – момент от действия силы гидростатического давления;

$\bar{M}_{x_{kr}}$  – момент от силы трения;

$\bar{M}_{x_{kx}}$  – момент от силы инерции, направленной от оси x;

$\bar{M}_{x_{ky}}$  – момент от силы инерции, направленной вдоль оси y.

Зависимость (3) позволяет определить изгибающие моменты в любом сечении льдины [6]. Эта зависимость учитывает динамику потока, которая оказывает большое влияние на величину момента. Подтверждением этому может служить график (рисунок 2) сопоставления длины отламывающейся части льдины, построенный с использованием зависимости (3) и рекомендаций [7].

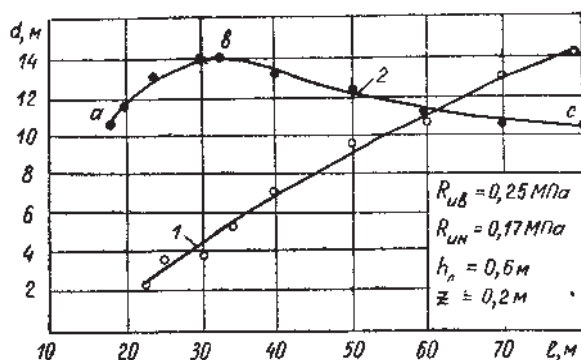


Рисунок 2 – Графики длины отламывающихся полос льда на сосредоточенном перепаде в зависимости от длины льдин, поступающих на перепад: 1-по зависимости Д.Ф. Панфилова; 2-с использованием уравнений (1) и (3); аБ-разрушение нижних слоев; вБ-разрушение верхних слоев льда

Размер отломившейся льдины  $d$  определяет ширину водосбросных отверстий  $b_n$ , обеспечивающих беспрепятственный пропуск льда. Эта ширина может быть определена по зависимости [8]

$$b_n = \frac{0,022dR_u g}{V_n^2 \rho_n g}, \quad (4)$$

где  $R_u$  – прочность льда на растяжение при изгибе;

$V_n$  – скорость подхода льдин, м/с;

$\rho_n$  – плотность льда, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести.

Практика показывает, что за исключением начального периода ледяные поля во время ледохода имеют относительно небольшие размеры вдоль потока (20-30 м). Поэтому задача разрушения льда на перепаде должна сводиться не только к определению длины отламывающейся полосы от ледяного поля, но и к определению размера льдин, не разрушающихся на перепаде. Размеры таких льдин всегда больше ширины полосы, отломившейся от ледяного поля [9].

В настоящее время уже получены формулы для определения ширины отломившейся полосы  $d$ . Например, В.А. Кореньков предлагает при длине  $l > 30-50$  м зависимость

$$d = 4,2 \sqrt{\frac{hR_u}{\rho_n g}}, \quad (5)$$

где  $h$  – толщина льда.

**Выводы.** Выполнено сопоставление расчетных значений длины отламывающейся части льдины с наблюдаемыми данными (таблица). Как следует из таблицы, максимальное расхо-

ждение между вычисленными значениями и измеренными не превышает 20%, что считается вполне допустимым. Поэтому зависимость (3) для определения изгибающего момента может быть рекомендована для практического применения.

*Таблица – Сопоставление расчетных значений длины отламывающейся части льдины с наблюдаемыми данными*

| Район наблюдения  | Перепад $z$ , м | Толщина льдины $h$ , м | $R_v$ , МПа | $d$ , м измеренная | $d$ , м вычисленная |
|-------------------|-----------------|------------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| Новосибирская ГЭС | 0,2             | 0,6                    | 0,25        | 10-20              | 14-20,5             |
| Братская ГЭС      | 0,5             | 0,7                    | 0,20        | 15-20              | 11-16,0             |
| Намаканская ГЭС   | 0,5             | 0,7                    | 0,20        | 15                 | 11-16,0             |
| Вилуйская ГЭС     | 0,5             | 0,7                    | 0,20        | 15-20              | 11-16,0             |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Болгов, М.В. Опасные гидрологические явления: методы анализа, расчета и прогнозирования, смягчение негативных последствий / М.В. Болгов, С.В. Борщ, Р.М. Хазиахметов // Тезисы докладов. VII Всероссийский гидрологический съезд. -Санкт-Петербург, 2013. -С. 6-12.
- 2 Фомичева, Н.Н. Конструктивные решения, обеспечивающие пропуск льда через низконапорные гидроузлы в весенний период / Н.Н. Фомичева // Сб. статей. XIV Международная научн.-практ. конф. (апрель 2014). -Пенза, 2014. -С. 86-89.
- 3 А.с. №1476061. Сооружение для пропуска льда через гидротехническое сооружение / Фомичева Н.Н. -Бюл. №6, 1989.
- 4 А.с. №1313948. Сооружение для пропуска льда через гидротехническое сооружение / Фомичев Б.С., Фомичева Н.Н., Гетманов В.Н. -Бюл. №20. 1987.
- 5 Инструкция по учету условий пропуска льда при эксплуатации, проектировании и строительстве гидроузлов. -Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1977. -18 с.
- 6 Фомичев, Б.С. Учет динамики потока и льда при расчетах разрушения ледяных полей на сосредоточенном перепаде / Б.С. Фомичев // -Изв. вузов. Строительство и архитектура. -1986, -№9. -С. 83-87.
- 7 Панфилов, Д.Ф. Разрушение ледяных полей под влиянием местных изменений уровня воды / Д.Ф. Панфилов // -Гидротехническое строительство. -1965, -№12, -С. 21-25.
- 8 Кореньков, В.А. Пропуск льда через сооружения гидроузлов Сибири в строительный период. -Автореф. дис. ... канд.техн. наук / В.А. Кореньков. -Новосибирск, 1969. -20 с.
- 9 Распопин, Г.А. Разрушение ледяных полей на сосредоточенном перепаде / Г.А. Распопин, Б.С. Фомичев // -Изв. вузов. Строительство и архитектура. -1985. -№8. -С. 94-99.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гидроузлы, лёд, прочность, расчет напряжений  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Фомичева Няиля Николаевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Тушина Александра Сергеевна, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ПО КРИТЕРИЮ ЗАДЕРЖКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

**ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А.Костычева»**

**А.А. Кураксин, А.В. Шемякин**

**METHODS OF ASSESSING THE QUALITY OF DECISIONS MADE IN THE ORGANIZATION OF TRAFFIC AT INTERSECTIONS REGULATED BY THE CRITERION OF REGULATORY DELAY**

Agrotechnological Rязan state university named after P.A.Kostycheva  
 A.A. Kuraksin, A.V. Shemyakin

The article describes the methodology for assessing the quality of decisions made in the organization of traffic in the controlled intersection on the criterion of regulatory delays. The method is based on the technology of dynamic modeling of traffic flows on the mesoscopic level. The article will be of interest to specialists in the field of modeling of traffic engineers and traffic management, as well as the technology of the automated traffic control system.

*Keywords: control delay, transport operation, DTALite/ NEXTA, traffic organization, mesoscopic model, traffic management*

Представлено описание методики оценки качества принятых решений в организации дорожного движения на регулируемом пересечении по критерию задержки регулирования. Методика основывается на технологиях динамического моделирования транспортных потоков на мезоскопическом уровне. Статья будет интересна специалистам в области моделирования транспортных потоков и инженерам по управлению транспортными потоками, а также технологам городских АСУДД.

Под задержкой в дорожном движении следует понимать суммарный результат увеличения среднего времени в пути вследствие ряда факторов, связанных с геометрическими особенностями участка улично-дорожной сети (УДС), интенсивностью движения, режимом регу-



лирования и др. [1].

Одним из основных видов задержек, сильно влияющих на общее время корреспонденции, является задержка регулирования, возникающая вследствие снижения скорости движения транспортных средств посредством регулируемых сигналов светофорного объекта [2].

В силу того, что такие задержки приводят к раздражению водителей, чрезмерному расходу топлива, и увеличению времени реализации транспортных корреспонденции [3]. Такие задержки могут быть индикатором качества организации дорожного движения на регулируемых пересечениях.

В данном случае можно предложить методику, которая будет сравнивать изменение транспортной задержки на регулируемых пересечениях на основе технологии мезоскопического моделирования транспортных потоков [4].

Для оценки качества организации дорожного движения на регулируемых пересечениях необходимо разработать мезоскопическую модель исследуемого участка УДС – по технологии, описанной в источнике [5]. Полученная модель должна носить название базовой модели, так как она повторяет базовую ситуацию функционирования участка УДС.

Далее, в базовой модели необходимо произвести предполагаемые модификации режима регулирования. Это могут быть различные планы регулирования, изменения пофазного разъезда и другие параметры функционирования регулируемого пересечения. Модель с внесенными изменениями будет носить название модифицированной, и отражать перспективную ситуацию. Полученная модель носит прогнозный характер и позволяет на стадии проектирования увидеть эффективность предлагаемых изменений. На рисунке 1 представлена схема алгоритма методики.



Рисунок 1 – Алгоритм методики оценки качества принятых решений в организации дорожного движения по критерию средней задержки

Далее, на основании полученных результатов моделирования необходимо сравнить результаты задержек. Показатель задержки будет характеризовать качество организации дорожного движения с количественной стороны.

Однако, для понимания как задержка изменилась с точки зрения приемлемости для во-

дителей предлагается по мимо численных результатов мезоскопического моделирования воспользоваться понятием уровня обслуживания [6] для задержек регулирования на пересечениях.

В источнике [6] приведены существующие уровни обслуживания для регулируемых пересечений.

Таким образом, в методике необходимо использовать бикретириальную оценку по количественному и по качественному критерию эффективности организации дорожного движения (ОДД). Такой подход позволит сделать полноценное заключение о качестве организации дорожного движения на регулируемом пересечении.

Для апробации вышеизложенной методики было выбрано регулируемое пересечение в Московском районе города Рязани. Это пересечение Московского шоссе и путепровода Приокский в городе Рязани. На рисунке 2 представлен спутниковый снимок выбранного участка.



Рисунок 2 – Исследуемый участок УДС города Рязани

В настоящее время на пересечении в утренний пиковый период наблюдаются задержки при движении с путепровода в сторону центра города. В связи с эти предлагается изменить распределения эффективного времени основных тактов в цикле регулирования.

На основе оценок, полученных от специалистов диспетчерской АСУДД города Рязани, было предложено увеличить время горения зеленого сигнала при движении со стороны путепровода с 24 до 35 с и изменить время цикла с 90 до 101 с.

В соответствии с методикой были созданы две модели, в которых были определены задержки регулирования как с интересующего направления. Рисунок 3 показывает визуализацию рассчитанной задержки регулирования в базовой модели.

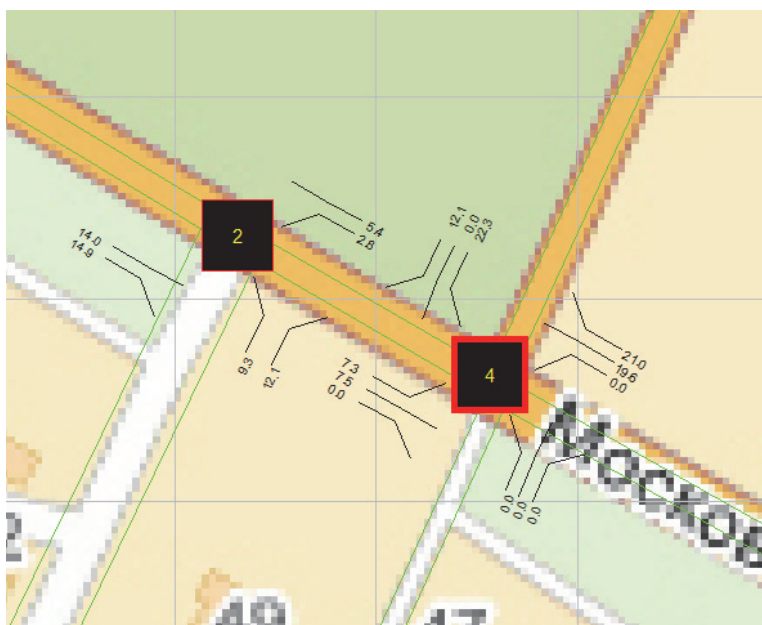


Рисунок 3 – Определение задержки регулирования в базовой модели на основе мезоскопической модели в утренний пиковый период

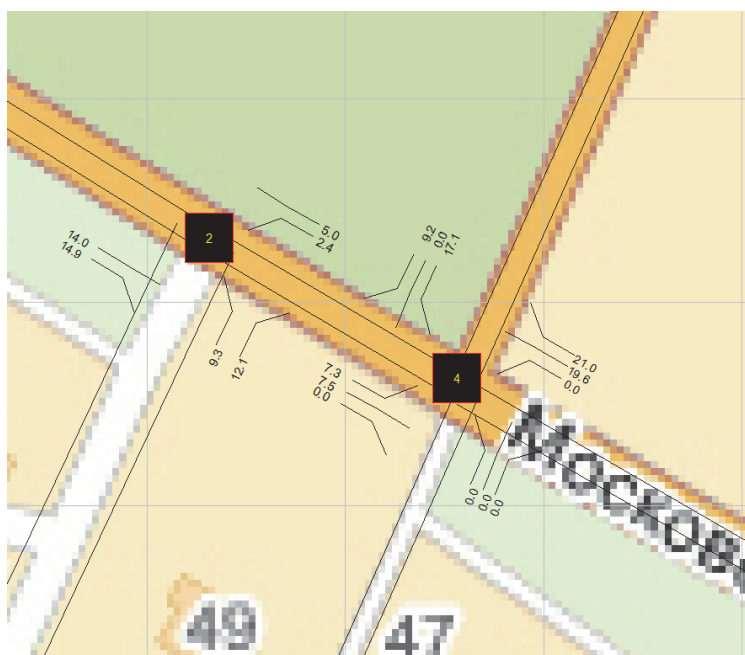
В таблице 1 представлены рассчитанные показатели задержки времени регулирования для всех направлений на регулируемом пересечении.

Таблица 1 – Рассчитанные показатели времени задержки для базовой модели

| Направление движения              | Задержка регулирования, с/прив. ед | Уровень обслуживания, LOS |
|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Из центра на путепровод Приокский | 21                                 | C                         |
| Из центра на Москву               | 19,6                               | B                         |
| С путепровода в центр             | 22,3                               | C                         |
| С путепровода на Москву           | 12,1                               | B                         |
| С Москвы в центр                  | 7,5                                | A                         |
| С Москвы на Путепровод Приокский  | 7,3                                | A                         |

Далее была построена модифицированная модель, в которой был изменен режим работы цикла светофорного регулирования и время горения зеленого сигнала для транспортного потока, следующего со стороны путепровода через Приокский.

Рисунок 4 показывает визуализацию рассчитанной задержки регулирования в модифицированной модели.



*Рисунок 4 – Определение задержки регулирования в модифицированной модели на основе мезоскопической модели в утренний пиковый период*

В таблице 2 представлены рассчитанные показатели задержки времени регулирования для всех направлений на регулируемом пересечении, а также уровень обслуживания.

*Таблица 2 – Рассчитанные показатели времени задержки для базовой модели*

| Направление движения              | Задержка регулирования, с/прив. ед | Уровень обслуживания, LOS |
|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Из центра на путепровод Приокский | 21                                 | C                         |
| Из центра на Москву               | 19,6                               | B                         |
| С путепровода в центр             | 17,1                               | B                         |
| С путепровода на Москву           | 9,2                                | A                         |
| С Москвы в центр                  | 7,5                                | A                         |
| С Москвы на Путепровод Приокский  | 7,3                                | A                         |

Таким образом, по полученным данным можно сделать вывод, что предложенный вариант более эффективен, чем базовый и позволит снизить задержку регулирования при движении с путепровода в сторону центра с 22,3 до 17,1 с/прив. ед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. -5-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. -М.: Транспорт, 2001. -247 с.
- 2 Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник /В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др.; Пер. с англ. -М.: Транспорт, 1981. -592 с.
- 3 Якимов, М.Р. Транспортные системы крупных городов / М.Р. Якимов. -Пермь: Изд-во Пермск. гос. техн. ун-т, 2008. -184 с.
- 4 Hassin, R., Zemel E. On shortest paths in graphs with random weights // Mathematics of Operations Research, Vol. 10, No. 4, 1985. pp. 557-564.
- 5 Кураксин, А.А., Разработка технологии создания мезоскопической модели транспортной системы крупного города / А.А. Кураксин, А.В. Шемякин // II Молодежная МНПК "Молодые учёные - альтернативной транспортной энергетике". -Воронеж: 2015. -С. 781-786.
- 6 Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000. ISBN 0-309-06681-6. Chapter 1.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** мезоскопическая модель, управление транспортными потоками, задержка регулирования, эксплуатация транспорта, DTAIite/NEXTA, организация дорожного движения  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Кураксин Антон Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «РГТУ»  
 Шемякин Александр Владимирович, докт.техн.наук, доцент, ФГБОУ ВО «РГТУ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 390044, г.Рязань, ул.Костычева, 1, ФГБОУ ВО «РГТУ»

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ СПУТНИКОВЫМ КОМПАСОМ JLR-20

ФГБОУ ВО «Морской государственный университет  
им. адм. Г.И. Невельского»

Ю. А. Комаровский

### DETERMINATION OF GEODESIC COORDINATES WITH SATELLITE COMPASS JLR-20

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

Yu.A. Komarovskiy

Despite the long-term operation tri-antennae satellite compasses, currently there is still no information about the accuracy of the determination of the running coordinates of the vessel. For the preliminary solution to the problem we made experimental observations of performance of a GPS-compass JLR-20 at almost stationary ship. The observations were made under adverse conditions, as coastal structures blocked the signals of several satellites located above the horizon. Processing of the observed ship's location data allowed us to estimate the random error of  $\pm 7.6$  the latitude and longitude m -  $\pm 2.6$  m.

*Keywords: GPS-compass, accuracy of coordinates, standard deviation, correlation errors*

Несмотря на многолетнюю эксплуатацию трёхантенных спутниковых компасов, до сих пор отсутствуют сведения о точности определения ими текущих координат судна. Для предварительного решения данной проблемы выполнены экспериментальные наблюдения за работой GPS-компаса JLR-20 на практически неподвижном судне. Наблюдения проводились при неблагоприятных условиях, так как береговые сооружения блокировали сигналы нескольких спутников, расположенных над горизонтом. Обработка полученных данных позволила оценить случайные погрешности широты как  $\pm 7,6$  м и долготы – как  $\pm 2,6$  м.

Перспективность спутниковых компасов (СК) заключается в том, что они в ближайшее время могут составить конкуренцию гиротактометрам, гирокомпасам и твёрдотельным цифровым магнитным компасам, а также ставшим уже традиционным судовым приёмникам спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Трёхантенные СК помимо прочего определяют вектор абсолютной скорости судна, углы крена, дифферента и скорости их изменения. По сути дела, трёхантенные СК представляют собой навигационный комплекс. Несмотря на перечисленные преимущества, современные СК нуждаются в детальном изучении их технико-эксплуатационных характеристик, чтобы развивать и совершенствовать существующие технологии судовождения и создавать новые. Здесь в первую очередь следует выделить важность оценки точности определения спутниковыми компасами текущих геодезических координат судна. К сожалению, результаты изучения этой характеристики в открытой печати до сих пор не изложены. Поэтому цель данной статьи заключается в экспериментальном исследовании статистических оценок точности обсервованных координат GPS-компаса JLR-20 на ошвартованном судне.

Местом, где выполнялись экспериментальные наблюдения, был грузопассажирский паром «Бригадир Ришко». Он в течение нескольких суток не участвовал в перевозках и стоял во Владивостоке ошвартованным левым бортом к пассажирскому пирсу Чуркинской переправы в непосредственной близости от южного устоя моста через бухту Золотой Рог. Паром был оборудован трёхантенным GPS-компасом JLR-20, изготовленным японской компанией JRC (Japan Radio Corporation). Для наблюдений необходимо было выбрать такие интервалы времени суток, когда совпадали безветрие и низкая интенсивность движения судов по бухте Золотой Рог. Такое явление имело место около полудня 3 июля 2014 года. Стоял туман, действовал непостоянный прижимной ветер со скоростью не более 1,5 м/с. Покачивание парома не ощущалось. Иногда наблюдались едва заметные крены от волн проходящих мимо судов малого водоизмещения. Фиксация экспериментальных данных длилась с 1:16:27 по 2:18:43 UTC (+11 часов). При этом обсервованные координаты отображались на экране СК с разрядностью 0,001 угловой минуты.

По условиям проведения эксперимента на пароме подключать ноутбук к СК было запрещено. Поэтому изображение данных на экране индикатора СК записывалось на цифровую видеокамеру. При дальнейшей обработке сделанной записи обсервованные координаты визуально считывались на моменты обновления каждой секунды времени, заносились в бумажные протоколы и затем вручную оцифровывались. Всего было зарегистрировано без перерывов 3736 пар широт и долгот на каждую секунду наблюдений.

Так как судно было ошвартовано носом строго на юг, то анализ точности определения



геодезических координат СК JLR-20 было принято оценивать с помощью линейных смещений его антенной системы вдоль меридиана и вдоль параллели. Для этого из всех зарегистрированных значений координат были выбраны минимальная широта  $\varphi_{\min}$  и минимальная долгота  $\lambda_{\min}$ . Линейные смещения в метрах вдоль меридиана к северу  $y_i$  и вдоль параллели к востоку  $x_i$  вычислялись по следующим формулам:

$$\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_{\min}; y_i = \Delta\varphi_i I_m; x_i = \Delta\lambda_i I_p; \Delta\lambda_i = \lambda_i - \lambda_{\min},$$

где  $\varphi_i, \lambda_i$  – текущие значения широты и долготы соответственно, выраженные в градусной мере;

$\Delta\varphi_i, \Delta\lambda_i$  – текущие разности широт и разности долгот соответственно, выраженные в угловых минутах;

$I_m, I_p$  – длина дуги одной минуты меридиана и параллели соответственно, выраженные в метрах

$$I_m = \frac{a(1-e^2)\text{arc}1'}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 \varphi_{cp})^3}}, I_p = \frac{a \cos \varphi_{cp} \text{arc}1'}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi_{cp}}};$$

$a, e$  – размер в метрах большей полуоси и первый эксцентриситет референц-эллипсоида WGS-84 соответственно;

$\varphi_{cp}$  – среднее значение широты, выраженное в градусной мере, в месте проведения экспериментальных наблюдений

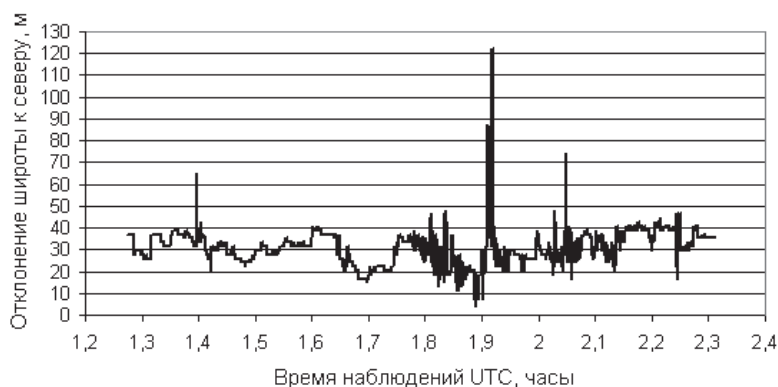
$$\varphi_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i,$$

$n$  – число зарегистрированных широт.

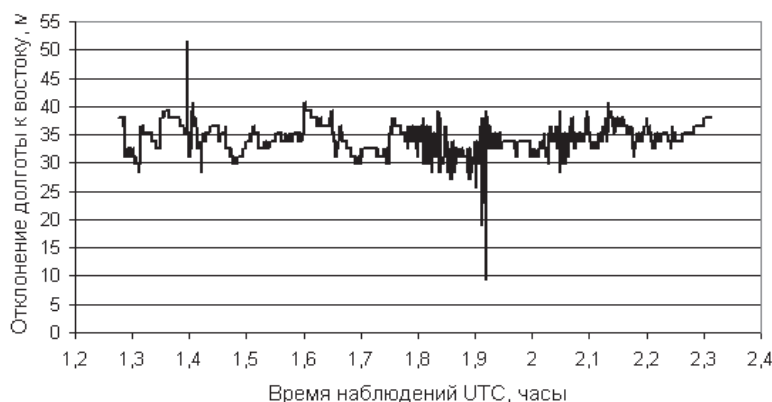
Графики изменения рассчитанных линейных смещений вдоль меридиана и вдоль параллели представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Сравнение рисунков 1 и 2 позволяет сделать следующие выводы. Видно, что отклонения по широте намного превосходят отклонения по долготе. Так как в эксперименте килевая качка парома отсутствовала, но иногда ощущались незначительные крены, а курс судна был близок к 180 градусам, то большие линейные смещения ожидалось вдоль параллели. На самом деле, максимальные смещения вдоль параллели достигали 30 м, а вдоль меридиана – 100 м. Поэтому предположение о существенном влиянии покачиваний парома на точность определения обсервованных координат спутникового компаса JLR-20 следует отвергнуть.

На рисунках 1 и 2 обнаруживается увеличение содержания случайных высокочастотных погрешностей, начиная с 1:76. Этот факт можно подтвердить величинами коэффициента корреляции. Коэффициент корреляции широты и долготы за всё время наблюдений равен 0,461. На интервале времени с начала наблюдений до 1:76 он по-



*Рисунок 1 – Отклонения обсервованного места парома вдоль меридиана*



*Рисунок 2 – Отклонения обсервованного места парома вдоль параллели*

лучился равным 0,83. Причина появления высокочастотного шума нуждается в отдельном исследовании.

Вид графиков на рисунках практически одинаков. Видно, что увеличение или уменьшение одной величины происходит практически синхронно с изменениями другой. Обнаруживаются одиночные большие выбросы отклонений, происходящие одновременно. Первое значительное отклонение по широте и по долготе произошло в 1:23:50, второе – в 1:55:09. Третье заметное отклонение по меридиану, зарегистрированное в 2:02:57, не сопровождалось существенным отклонением вдоль параллели.

Для оценки соотношения обсервованных долгот и связанных с ними широт воспользуемся новыми случайными величинами  $\Delta\varphi_i$  и  $\Delta\lambda_i$  которые будем определять как абсолютные разности последовательных значений координат

$$\Delta\varphi_i = |\varphi_{i+1} - \varphi_i| I_m; \Delta\lambda_i = |\lambda_{i+1} - \lambda_i| I_p,$$

где разность широт и разность долгот рассчитываются в угловых минутах.

С помощью  $\Delta\varphi_i$  и  $\Delta\lambda_i$  можно изучать вид и тесноту стохастической зависимости обсервованных координат.

На рисунке 3 показано, как соотносятся между собой величины абсолютных разностей последовательных координат в наблюдениях за работой СК JLR-20 3 июля 2014 года.

Эмпирический коэффициент корреляции  $\Delta\varphi_i$  и  $\Delta\lambda_i$  получился равным 0,937. Этот результат следует рассматривать как свидетельство, во-первых, высокого уровня синхронности флуктуаций обсервованных координат, во-вторых, существования прямо пропорциональной зависимости между  $\Delta\varphi_i$  и  $\Delta\lambda_i$ .

Вид поля корреляции рисунка 3 позволяет сделать предварительное допущение о линейной модели стохастической зависимости  $\Delta\varphi_i$  от  $\Delta\lambda_i$ . С помощью методов регрессионного анализа была получена следующая зависимость абсолютной разности последовательных широт в метрах от абсолютной разности последовательных долгот в метрах

$$\Delta\varphi = 2,489 \cdot \Delta\lambda - 0,0018.$$

Как следует из полученной формулы, изменение абсолютной разности двух смежных отсчетов обсервованной долготы сопровождается увеличением почти в 2,5 раза абсолютной разности двух смежных значений обсервованной широты.

Рассчитанные статистические характеристики распределения отклонений широт и долгот помещены в таблицу.

Таблица – Статистические характеристики распределения отклонений широт и долгот спутникового компаса JLR-20 3 июля 2014 года

| Характеристика                       | Отклонение по широте | Отклонение по долготе |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Среднее квадратическое отклонение, м | 7,621                | 2,627                 |
| Эксцесс                              | 14,285               | 7,215                 |
| Асимметрия                           | 1,231                | -0,928                |
| Минимальное значение, м              | 3,703                | 9,495                 |
| Максимальное значение, м             | 122,204              | 51,545                |
| Размах варьирования, м               | 118,501              | 42,05                 |
| Объем выборки                        | 3736                 | 3736                  |

Видно, что размах варьирования обсервованной долготы в 2,8 раза меньше размаха варьирования широты. Основным критерием точности определения координат в судовождении служит величина среднего квадратического отклонения (СКО). Следовательно, СК JLR-

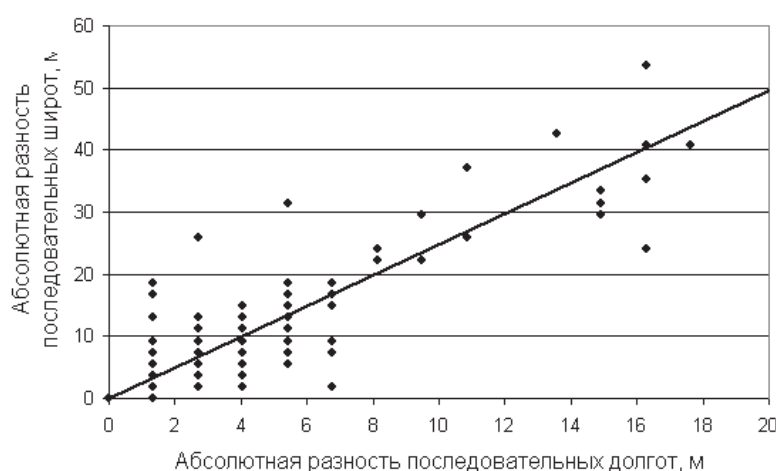


Рисунок 3 – Поле корреляции абсолютных разностей последовательных координат

20 определяет обсервованную долготу почти в три раза точнее широты. В работе [1] показано, что затенение высокими объектами сигналов большого числа спутников приводит к величине отношения СКО широты к СКО долготы, равной 2,93. В работе [2] приведена схема расположения спутников СРНС Навстар GPS во время экспериментальных наблюдений 3 июля 2014 года на пароме «Бригадир Ришко». На схеме видно, что спутников, сигналы которых достигали СК JLR-20, было четыре, а их расположение оценивалось крайне неблагоприятным. Это служит объяснением низкой точности определения обсервованных координат в эксперименте 3 июля 2014 года. Вдали от естественных препятствий и сооружений, которые могут ослабить или полностью блокировать сигналы части спутников, надо ожидать большей точности определения обсервованных координат компасом JLR-20.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Комаровский, Ю.А. Ухудшение точности GPS-приёмника вблизи высоких объектов / Ю.А. Комаровский // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, №IV-1(12), 2012. -С. 28-35.

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.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** GPS-компас, точность координат, среднее квадратическое отклонение, корреляция погрешностей

**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, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

## **РАСЧЁТ ПОПРАВОК К ОТСЧЁТАМ МАЛЫХ АБСОЛЮТНЫХ СКОРОСТЕЙ СУДОВОГО GPS-ПРИЁМНИКА**

**ФГБОУ ВО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»**

**Ю.А. Комаровский**

### **CALCULATION OF CORRECTIONS TO A VESSEL'S GPS RECEIVER'S MEASUREMENT OF A LOW ABSOLUTE SPEED**

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

Yu.A. Komarovskiy

A distance covered by a vessel during a certain time interval can be calculated knowing the behavior of the vessel's speed over time. One of the problems with using vessel's onboard GPS receivers is high level of errors in their measurement of speed in the range from 0 to 1 knot. This article presents a method for calculating corrections to increase measurement accuracy for a low speed, resulting in an increased accuracy of the distance calculation. The method does not require lengthy trials at special polygons and use of a high-precision local radio navigation systems.

*Keywords: speed over ground, GPS receiver, accuracy of distance, error of speed, corrections*

Проходимое за определённый промежуток времени расстояние можно рассчитать, зная характер изменения скорости судна. Одна из проблем использования судовых GPS-приёмников заключается в том, что они в диапазоне от 0 до 1 узла измеряют скорости с большими погрешностями. В статье описывается способ определения поправок, повышающих точность измерения малой скорости и, как следствие, точность вычисления пройденного судном расстояния. Способ не требует длительных манёвров на специальных полигонах и привлечения высокоточных локальных радионавигационных систем.

На пути к признанию GPS-приёмника в качестве прибора, определяющего не только текущие координаты судна, но и пройденное им расстояние, стоит необходимость получения математической модели, с помощью которой можно объяснить формирование погрешностей измерения абсолютной скорости. Приёмники спутниковой радионавигационной системы (СРНС) Навстар GPS эксплуатируются на судах уже более 30 лет. Но до сих пор остаётся открытой проблема, связанная с необходимостью исследований возможности применения GPS-приёмников в качестве средства учёта пройденного судном расстояния. Проблема усложняется тем, что с помощью приёмника СРНС пройденное расстояние можно измерять одновременно двумя способами. Синхронное применение этих способов может дополнять друг друга, а также предоставлять полезную информацию для оперативной оценки функциональной надёжности не только отдельно взятой системы учёта пройденного расстояния, но и самого GPS-приёмника. К сожалению, до сих пор отсутствуют открытые публикации о том, как изменяется точность измерения пройденного расстояния каждого из способов, ко-

гда скорость судна становится менее 1 узла (0,5144 м/с).

Необходимость исследований в этом диапазоне скоростей диктуется целым рядом практических задач. Одной из них в последние годы стала задача мониторинга перемещения ледяных полей и айсбергов вблизи морских платформ. Здесь требуется получение с высокой точностью пройденных расстояний, что предполагает знания закономерностей появления погрешностей. Традиционно погрешности и поправки судовых измерителей скорости и пройденного расстояния определяются на специальном полигоне, называемом мерной линией. Гораздо реже для этой цели используются эталонные измерители скорости или специальные высокоточные локальные радионавигационные системы. Появление данной статьи связано с описанием другого способа вычисления поправок. Он не требует маневрирования на мерной линии или привлечения эталонного измерителя абсолютной скорости судна.

Пройденное судном расстояние с помощью GPS-приёмника можно определить двояко. Судовой приёмник СРНС Навстар GPS непрерывно через строго определённые интервалы времени определяет направление (COG – Course Over Ground) и скорость абсолютного перемещения (SOG – Speed Over Ground) своей антенны. Обозначим через  $\Delta t_i$   $i$ -ый интервал времени в секундах, в течение которого GPS-приёмником была измерена абсолютная скорость  $v_i$  в узлах. Чаще всего в современных судовых GPS-приёмниках  $\Delta t_i$  равно 1 с. Скорость судов вычисляется и выводится на внешние устройства в узлах. Когда же судно совершает плавание по внутренним водным путям, то можно задавать вывод скорости в километрах в час. Обозначим через  $\Delta S_i$  расстояние в метрах, проходимое судном за одну секунду. Если абсолютная скорость судна (SOG) в  $i$ -м интервале определяется в узлах, то  $\Delta S_i = 0,5144v_i$ .

Обозначим через  $S_v$  расстояние в метрах, которое прошло судно за  $N$  секунд, при условии, что абсолютная скорость судна отображалась в узлах, тогда

$$S_v = \sum_{i=1}^N \Delta S_i = 0,5144 \sum_{i=1}^N v_i .$$

Будем предполагать, что абсолютная скорость  $v_i$  определяется приёмником с некой систематической погрешностью, которую надлежит компенсировать поправкой. Цель предлагаемого исследования состоит в разработке способа расчёта такой поправки.

Пройденное общее расстояние можно получить, суммируя пройденные расстояния между смежными обсервованными точками траектории судна. Пусть  $\varphi_{i-1}$  и  $\varphi_i$  – обсервованные широты первой и второй смежных точек траектории судна, а  $\lambda_{i-1}$  и  $\lambda_i$  – их обсервованные долготы. Обозначим через  $\Delta \varphi_i$  и  $\Delta \lambda_i$  разности в метрах широт и долгот соответственно. Эти разности определяются для  $i$ -того интервала времени, на котором GPS-приёмник определил абсолютную скорость  $v_i$ . Разности  $\Delta \varphi_i$  и  $\Delta \lambda_i$  вычисляются по следующим формулам

$$\Delta \varphi_i = (\varphi_i - \varphi_{i-1})l_m ; \Delta \lambda_i = (\lambda_i - \lambda_{i-1})l_p ,$$

где разности в скобках измеряются в минутах дуги меридиана и параллели соответственно;

$l_m, l_p$  – длины в метрах дуг одной минуты меридиана и параллели соответственно.

Длины дуг одной минуты  $l_m$  и  $l_p$  рассчитываются по известным формулам

$$l_m = \frac{a(1-e^2)\text{arc } 1'}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^3}} ; l_p = \frac{a \cdot \text{arc } 1'}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}} \cos \varphi ;$$

$a$  – большая полуось референц-эллипсоида геодезической системы координат, в которой GPS-приёмник в данный момент определяет обсервованные координаты судна;

$e$  – первый эксцентриситет референц-эллипсоида;

$\varphi$  – геодезическая широта судна.

Отсюда расстояние в метрах  $D_i$  между смежными точками и общее пройденное расстояние в метрах  $D_c$  можно найти как

$$D_i = \sqrt{\Delta \varphi_i^2 + \Delta \lambda_i^2} ; D_c = \sum_{i=1}^N D_i = \sum_{i=1}^N \sqrt{\Delta \varphi_i^2 + \Delta \lambda_i^2} .$$

Если предположить, что  $\Delta S_i$  и соответствующие им  $D_i$  определяются с одинаковыми



погрешностями, то при длительном плавании  $N \rightarrow \infty$ ,  $S_V$  будет мало отличаться от  $D_C$ . Здесь следует заметить, что точность величины  $S_V$  зависит от точности доплеровских измерений несущей частоты навигационного сигнала, транслируемого спутниками СНРС Навстар GPS. Так как точность доплеровских измерений ухудшается при малых относительных скоростях спутника и антенны GPS-приёмника, то предполагается, что при скоростях судна, близких к 0 узлов, точность определения  $v_i$  и, как следствие,  $S_V$  будут ухудшаться. Поэтому можно ожидать, что при SOG, близких к 0,  $S_V \neq D_C$ .

Чтобы проверить это предположение, воспользуемся экспериментальным материалом, полученным автором 9 сентября 2005 года на плавучей лаборатории «Галс». Это маломерное судно принадлежит кафедре Технических средств судовождения Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского. На «Галсе» был временно установлен судовой GPS-приёмник Furuno GP-37. К выходу приёмника подключался ноутбук, на жёсткий диск которого ежесекундно записывалась информация в виде пакета предложений формата NMEA 0183. Запись данных началась после подъёма якоря в бухте Воеводы острова Русский. Судно под действием слабого ветра дрейфовало из бухты Воеводы в Амурский залив.

Дрейф длился 1 час 28 минут. За это время через каждую секунду было зарегистрировано 5259 значений SOG в диапазоне от 0 до 0,8 уз. О характере распределения зарегистрированных величин абсолютных скоростей можно судить по таблице 1 и гистограмме рисунка 1.

Из таблицы 1 следует, что скорости перемещения «Галса» распределялись неравномерно. На диапазон зарегистрированных в ходе дрейфа скоростей от 0,2 уз до 0,6 уз приходится 93% выборки.

Изучение таблицы 1 и рисунка 1 позволяет сделать вывод о том, что экспериментальные данные, соответствующие значениям абсолютных скоростей 0; 0,1; 0,7 и 0,8 уз, в дальнейшем статистическом анализе рассматривать не целесообразно ввиду их малого вклада.

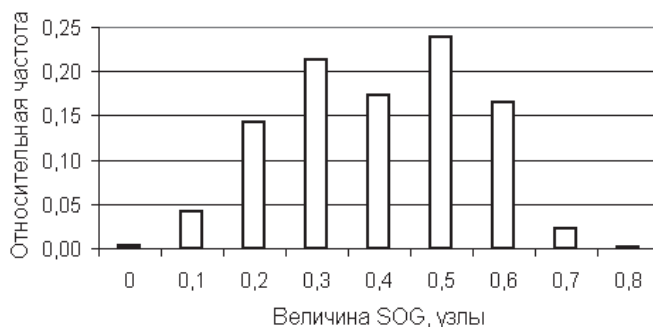
Расчёты пройденных расстояний по всем отсчётам SOG за всё время дрейфа и по соответствующим им приращениям координат дали такие результаты:  $S_V = 1083,771$  м,  $D_C = 1132,228$  м. Следовательно, налицо факт того, что  $S_V \neq D_C$ , и при этом  $S_V < D_C$ . Разница в пройденных расстояниях составила 48,457 м (4,47% от  $S_V$ ).

Ранее высказывалось предположение о возможном неравенстве  $S_V$  и  $D_C$  при малых скоростях судна из-за различных принципов расчёта пройденных расстояний. Оказалось, что проходимые расстояния, расчёт которых основан на величинах абсолютных скоростей, меньше тех, которые рассчитаны по разностям координат. На точность определения координат GPS-приёмником скорость судна в пределах от 0 до 1 уз влияние не оказывает. Поэтому в качестве предварительной версии примем утверждение того, что пройденные расстояния, рассчитанные по разностям координат, будут точнее (ближе к истинным).

Чтобы оценить погрешности  $S_V$  и найти способ их компенсации, для каждого значения SOG в диапазоне от 0,2 уз до 0,6 уз были выбраны соответствующие им расстояния в метрах между смежными точками, преодолеваемые судном за 1 секунду. Затем по каждому такому массиву были рассчитаны точечные оценки средних  $D_{CP}$  в метрах и средних квадрати-

*Таблица 1 – Характеристики экспериментального материала*

| SOG, узлы | Выборка | Относительная частота |
|-----------|---------|-----------------------|
| 0         | 19      | 0,003613              |
| 0,1       | 215     | 0,040882              |
| 0,2       | 752     | 0,142993              |
| 0,3       | 1118    | 0,212588              |
| 0,4       | 908     | 0,172656              |
| 0,5       | 1254    | 0,238448              |
| 0,6       | 869     | 0,165241              |
| 0,7       | 118     | 0,022438              |
| 0,8       | 6       | 0,001141              |
| Итого:    | 5259    |                       |



*Рисунок 1 – Гистограмма распределения значений абсолютной скорости*

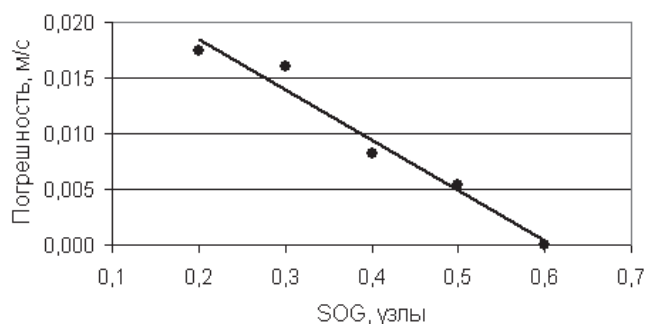
ческих отклонений (СКО) в метрах. В итоге для каждого значения SOG были получены разности  $\delta$  между средним значением проходимого за 1 секунду расстояния и SOG в м/с. Результаты вычислений помещены в таблицу 2. Величина  $\delta$  является погрешностью определения проходимого за 1 секунду расстояния, если оно рассчитывается по данному отсчёту SOG.

*Таблица 2 – Погрешности проходимого расстояния, рассчитываемого по SOG*

| SOG, уз | SOG, м/с | $D_{CP}$ , м | СКО, м | $\delta$ , м |
|---------|----------|--------------|--------|--------------|
| 0,2     | 0,102889 | 0,1203       | 0,0896 | 0,0174       |
| 0,3     | 0,154333 | 0,1704       | 0,0760 | 0,0161       |
| 0,4     | 0,205778 | 0,2140       | 0,0774 | 0,0082       |
| 0,5     | 0,257222 | 0,2626       | 0,0874 | 0,0054       |
| 0,6     | 0,308666 | 0,3087       | 0,0878 | 0,0000       |

Малые и почти одинаковые величины СКО расстояний, полученных по разностям координат, служат признаками высокой точности оценок  $D_{CP}$ . В таблице 2 можно видеть, как уменьшается разность между проходимыми за 1 секунду расстояниями. Иными словами, точность определения расстояния по отсчётам SOG в диапазоне от 0,2 уз до 0,6 уз растёт с увеличением SOG.

Оценим характер изменения погрешностей  $\delta$ , для чего построим график зависимости  $\delta$  от SOG. График представлен на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Зависимость погрешности расстояния от абсолютной скорости*

Анализ характера расположения величин погрешностей на рисунке 2 позволяет предположить линейный вид зависимости  $\delta$  от SOG. Методами регрессионного анализа были получены коэффициенты зависимости. Её график можно видеть на рисунке 2. Аналитический вид зависимости погрешности от абсолютной скорости судна выражается следующей формулой:

$$\delta = -0,0454SOG + 0,0276,$$

где  $\delta$  – погрешность в метрах проходимого за 1 секунду расстояния судном, измеряющим свою абсолютную скорость (SOG) с помощью бортового GPS-приёмника.

Если судно в течение  $n$  секунд двигалось со скоростью SOG ( $0,2 \text{ уз} \leq SOG \leq 0,6 \text{ уз}$ ), то исправленное пройденное им расстояние в метрах  $S_n$  рассчитывается по формуле

$$S_n = n[0,469SOG + 0,0276].$$

Как следует из результатов проделанного анализа, при  $SOG = 0,6 \text{ уз}$   $\delta = 0$ . Это вовсе не означает, что при  $SOG > 0,6 \text{ уз}$  погрешность будет нулевой. Здесь следует продолжить экспериментальные исследования в других диапазонах абсолютной скорости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** абсолютная скорость, GPS-приёмник, точность расстояния, погрешность скорости, поправки  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Комаровский Юрий Александрович, канд. техн. наук, консультант ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОМПЛЕКСА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Викулов

DIAGNOSTIC VALUE OF THE SET PARAMETERS FOR ELEMENTS MARINE DIESEL ENGINES

Siberian state university of water transport

S.V. Vikulov

The results of the comparative analysis of the information content of a complex of diagnostic parameters used to evaluate the technical condition of ship diesel engines.

Keywords: marine diesel, technical condition, diagnostic parameter, diagnostic parameter, informational content, math modeling

Представлены результаты сравнительного анализа информативности комплекса диагностических параметров, используемых для оценки технического состояния судовых дизелей.

Анализ исследований и разработок по применению методов и средств диагностирования ДВС различного назначения [1-4] показал, что ни один из них в отдельности не позволяет производить диагностику в полной мере и, как правило, они дополняют друг друга. При этом большинство исследователей акцентирует внимание на необходимости первоочередной разработки методов диагностирования, основанных на использовании универсальных параметров, позволяющих решать задачи комплексного характера. В соответствии с общими требованиями, сформулированными Б.В. Павловым, Я.Х. Закиным, Н.Л. Говоруценко и другими исследователями, совершенство того или иного диагностического параметра, положенного в основу метода диагностирования, определяется следующими условиями:

- однозначностью, которая заключается в том, что каждому значению диагностического параметра должно соответствовать вполне определённое значение структурного параметра или выходного процесса (состояния диагностируемого объекта);
- широтой поля изменения: диагностический параметр должен иметь возможно большее относительное изменение при абсолютном изменении структурного параметра;
- технологичностью измерения параметра, определяемой удобством подключения диагностической аппаратуры, простотой измерения и обработки результатов измерений;
- достаточной информативностью о состоянии контролируемого объекта.

В данной работе представлены результаты сравнительной оценки информативности параметров работающего моторного масла (РММ) и крутильных колебаний (КК) для диагностики основных элементов эксплуатируемых судовых дизелей.

Количественное определение информативности (диагностической ценности) комплекса рассматриваемых параметров может быть проведено на основе методов теории информации [1]. Главный принцип, используемый в дальнейшем изложении, состоит в следующем: диагностическая ценность параметра определяется количеством информации, вносимом им в систему состояний.

Центральное место в теории информации занимает понятие энтропии системы – меры её беспорядка. Эквивалентность энтропии и количества информации, впервые отмеченная Л. Сциллардом, означает, что эти величины связаны простым законом сохранения: сумма микроскопической информации и энтропии при данном распределении вероятностей состояния постоянна и равна максимальной получаемой информации в данных условиях. Конечно, и энтропия и информация должны быть выражены в одинаковых единицах – в битах. Увеличение информации связано с уменьшением энтропии, и наоборот.

Среднюю величину информации системы параметров  $K$  относительно системы диагнозов  $D$  можно определить из равенства [1]

$$I_D(K) = H(D) - H(D/K), \quad (1)$$

где  $H(D)$  – начальная энтропия системы  $D$  (до диагностирования);

$H(D/K)$  – энтропия системы  $D$  после диагностирования, то есть когда стала известна система параметров  $K$ .

В работе [1] показано, что если системы  $K$  и  $D$  независимы, то  $I_D(K) = 0$ . С физической точки зрения этот результат очевиден: наблюдение над одной из систем не может дать информации относительно другой, если между состояниями этих систем нет связи.

На основании анализа литературных источников, проведённого в работах [2, 3], целесообразно в качестве критерия для упорядочения диагностических параметров использовать среднюю информацию, рассчитываемую по выражению (1). Она является более объективной мерой информативности, чем «дивергенция» С. Кульбака, так как последняя предполагает ограничение на вид распределения, то есть справедлива лишь для нормального закона распределения параметров. Между тем, в работах [2, 4] показано, что параметры технического состояния и показатели работающего моторного масла (РММ) судовых дизелей наиболее хорошо согласуются с законом гамма-распределения или логарифмически нормальным распределением.

Для целей диагностики область возможных величин измеряемого параметра разбивается на интервалы, и характерным является наличие его в конкретном интервале. В связи с этим результат количественного обследования может рассматриваться как признак, принимающий несколько возможных состояний.

Условимся считать частной диагностической ценностью обследования по  $j$ -му параметру  $K$  для состояния  $D_i$  величину информации, вносимую всеми реализациями параметра в установление этого состояния.

Согласно работе [1], частную диагностическую ценность при дихотомии (идентификации двух состояний) можно определить по формулам

$$Z_{D_1}(K_j) = \sum_{s=1}^M P(K_{js}/D_1) \log_2 \frac{P(K_{js}/D_1)}{P(K_{js})}; \quad (2)$$

$$Z_{D_2}(K_j) = \sum_{s=1}^M P(K_{js}/D_2) \log_2 \frac{P(K_{js}/D_2)}{P(K_{js})}, \quad (3)$$

где  $P(K_{js}/D_1), P(K_{js}/D_2)$  – условная вероятность наличия  $j$ -го параметра  $K$  в  $S$ -ом интервале значений соответственно для исправного  $D_1$  и дефектного  $D_2$  состояний объекта;

$P(K_{js})$  – полная вероятность наличия  $j$ -го параметра  $K$  в  $S$ -ом интервале его значений для всей системы состояний  $D$  объекта;

$M$  – число интервалов  $S$  величин  $j$ -го параметра  $K$ .

Общая диагностическая ценность определится как количество информации, вносимое обследованием в систему состояний

$$Z_D(K_j) = P(D_1) Z_{D_1}(K_j) + P(D_2) Z_{D_2}(K_j), \quad (4)$$

где  $P(D_2), P(D_1)$  – соответственно априорные вероятности исправного  $D_1$  и дефектного  $D_2$  состояний объекта.

Многочисленный статистический материал, полученный по данным эксплуатационного мониторинга технического состояния элементов судовых дизелей Г70-5 (6ЧРН36/45) по комплексу параметров работающего масла М10В<sub>2</sub>, позволил установить диагностические нормативы и критерии для оценки состояния системообразующих элементов дизелей [2]. Результаты расчётов по формулам (2)-(4) диагностической ценности параметров для износно-го состояния цилиндрических втулок в последовательности, соответствующей убыванию их информативности, представлены в таблице 1.

Для высокооборотных дизелей М400, М401А-1 (12ЧСН18/20) с вероятностью  $P = 0,95$  установлено, что условия эксплуатации, режимы работы и условия работы узлов трения, работавших на различных сортах масел (М16В<sub>2</sub>, М20В<sub>2</sub>), в среднем примерно одинаковые и нет существенных различий в скорости изнашивания деталей и в изменении физико-химических свойств РММ, характеризующихся рассматриваемыми диагностическими параметрами. Исследованиями диагностической ценности угара масла (таблица 2) установлено, что он является довольно информативным диагностическим параметром состояния деталей ЦПГ.

*Таблица 1 – Диагностическая ценность параметров РММ для цилиндрических втулок дизелей Г70-5 (6ЧРН 36/45)*

| Диагностический параметр               | $P(D_1)$ | $P(D_2)$ | $Z_D(K_j)$ , бит |
|--|----------|----------|------------------|
| Средняя концентрация железа, $Fe_{cp}$ | 0,62     | 0,38     | 0,353            |
| Концентрация железа, Fe                |          |          | 0,136            |
| Температура вспышки, $t_{всп}$         |          |          | 0,097            |
| Общая загрязнённость, $\tau$           |          |          | 0,084            |
| Концентрация олова, Sn                 |          |          | 0,071            |
| Концентрация меди, Cu                  |          |          | 0,057            |
| Щелочное число, ЩЧ                     |          |          | 0,054            |
| Концентрация хрома, Cr                 |          |          | 0,044            |
| Концентрация кремния, Si               |          |          | 0,043            |
| Содержание воды, $H_2O$                |          |          | 0,031            |
| Водородный показатель, pH              |          |          | 0,027            |
| Концентрация алюминия, Al              |          |          | 0,025            |

*Таблица 2 – Диагностическая ценность угара РММ для деталей ЦПГ дизелей 12ЧСН 18/20*

| Модификация дизелей | $P(D_1)$ | $P(D_2)$ | $Z_D(q_y)$ , бит |
|---------------------|----------|----------|------------------|
| M400, M401A-1       | 0,54     | 0,46     | 0,158            |
| M400                | 0,51     | 0,49     | 0,199            |
| M401A-1             | 0,61     | 0,39     | 0,241            |

Для сравнения отметим, что в представленных ранее результатах таблицы 1 наибольшую информативность при оценке состояния ЦПГ дизелей Г70-5 имеют: средняя концентрация железа (0,353 бит), температура вспышки (0,097 бит) и общая загрязнённость масла (0,084 бит). Кроме того, установлено, что величина информативности угара масла у дизелей M401A-1 на 21% больше, чем у дизелей M400 (таблица 2).

Результаты проведённых расчётов диагностической ценности относительных амплитуд крутильных колебаний валовой линии для оценки состояния силиконовых демпферов дизелей 6NVD 26-A (6ЧСН 18/26) [3] для всех интервалов частот в диапазоне 0–200 Гц (16 интервалов) представлены фрагментом в таблице 3. Априорные вероятности диагноза  $P(D_1)$ ,  $P(D_2)$  составили соответственно величины 0,51 и 0,49.

*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     |

Анализ результатов таблицы 3 показывает, что как частные, так и общая диагностические ценности достаточно равномерно распределены 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 для всего диапазона частот составило величину, равную 0,842 бит.

Сравнение результатов исследований, представленных в таблицах 1-3, позволяет сделать вывод о достаточно высокой информативности параметров крутильных колебаний. Так, например, среднее значение общей диагностической ценности концентрации железа составило величину 0,353 бит, а среднее значение общей диагностической ценности амплитуд крутильных колебаний – 0,842 бит, что больше примерно в 2,3 раза. Следовательно, с уве-

ренностью можно констатировать, что метод исследования крутильных колебаний при его дальнейшем совершенствовании и развитии может занять достойное место в системе комплексного мониторинга технического состояния ДВС различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. -М.: Машиностроение, 1978. -240 с.
- 2 Викулов, С.В. Основы технической диагностики судовых дизелей по комплексу параметров работающего моторного масла / С.В. Викулов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2011. -176 с.
- 3 Викулов, С.В. Основы технической диагностики коленчатого вала судового дизеля по параметрам крутильных колебаний / С.В. Викулов. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2013. -125 с.
- 4 Васильев, Б.В. Диагностирование технического состояния судовых дизелей / Б.В. Васильев, Д.И. Кофман, С.Г.Эренбург. -М.: Транспорт, 1982. -144 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *судовой дизель, техническое состояние, диагностический параметр, информативность, математическое моделирование*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Викулов Станислав Викторович, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВА И ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ**

ФГБОУ ВПО «Морской государственный университет  
им. адм. Г.И. Невельского»  
Вьетнамский морской университет

**А.В. Надежкин, Х.Ч. Хьеу, К.Х. Лыу**

### **RESEARCH OF INFLUENCE OF PALM OIL ADDITIVE ON CHARACTERISTICS OF FUEL AND WORKFLOW OPTIONS**

Vietnam maritime university  
Maritime state university named after G.I.Nevelskoi  
A.V. Nadezhkin, H.Ch. Khieu, Q.H. Luu

Carried out a study of physical and chemical characteristics of mixed fuels, is a composition of marine fuel oil and palm oil at a concentration of 3% and 5%. The paper is shown that palm oil added palm oil in amounts slightly change the parameters of marine distillate fuels. Conducted research the influence of palm oil additive on the parameters of marine diesel workflow. It is found that, to work on a blend diesel fuel oil with palm oil concentration up to 5% has virtually no influence on the character of the workflow.

*Keywords: low-sulfur distillate fuel, palm oil, additive, workflow, engine research*

Выполнены исследование физико-химических характеристик смесевых топлив представляющих из себя композицию судового дистиллятного топлива и пальмового масла с концентрацией 3% и 5%. Показано, что добавлено пальмового масла в таких количествах незначительно изменяют параметры судового дистиллятного топлива. Проведено исследование влияния добавки пальмового масла на параметры рабочего процесса судового дизеля. Установлено, что работа дизеля на смесевом дистиллятном топливе с концентрацией пальмового масла до 5% практически не оказывает влияние на характер протекания рабочего процесса.

Вступление в силу жестких экологических требований к качеству судовых дистиллятных топлив (ДТ) приводит к заметному ограничению количества серы в них. Для всех судов при плавании в зонах контроля над выбросами соединений серы (SECA) требуется использовать бункерные топлива с содержанием серы не превышающим величину 0,1% [1]. Однако при применении малосернистых судовых дистиллятных топлив вывleяется целый ряд проблем, сказывающихся на ресурсных показателях топливной аппаратуры судового дизеля [2].

Так же отметим, что в последнее время все большее широкое распространение получают смесевые топлива представляющие из себя композиция нефтяных дистиллятных топлив и растительных масел: рапсового, соевого, подсолнечного, кокосового и пальмового масла [3]. При этом в странах Юго-восточного Азии наиболее широко используется пальмовое масло (ПМ).

В статье [4] показано, что композиция ДТ и пальмового масла улучшают трибологические характеристики судовых дистиллятных топлив. Выполненные исследования показывают, что наибольший эффект достигается когда концентрация ПМ составляет 3-5% [4]. Дальнейшее увеличение содержания ПМ не дает практически никакого эффекта.

Целью данной работы является оценка изменения физико-химических характеристик смесевых топлив и их влияния на параметры рабочего процесса судового дизеля.



Были изготовлены лабораторные образцы смесового топлива с концентрацией ПМ 3 и 5%. Детальное исследование их физико-химических свойств выполнено в учебно-научной испытательной лаборатории химмотологии МГУ им. адм. Г.И. Невельского (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21HX56). Изменение физико-химических показателей смесового топлива после добавления ПМ отражены в таблице 1.

*Таблица 1 – Физико-химические свойства смеси ДТ и пальмового масла*

| Наименование показателя                                | ДТ     | ПМ      | ДТ+3%ПМ | ДТ+5%ПМ | Норма по ISO 8217 |
|--|--------|---------|---------|---------|-------------------|
| Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>                 | 843    | 952     | 844,5   | 846     | менее 890         |
| Кинематическая вязкость при 40 °С, сСт                 | 3,29   | 105,99  | 3,53    | 3,68    | 2,0-6,0           |
| Массовая доля серы, % масс.                            | 0,232  | 0       | 0,212   | 0,210   | не более 1,5      |
| Кислотное число, мг КОН/г                              | 0      | 2,59    | 0,1     | 0,22    | менее 0,5         |
| Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С | 73     | 243     | 78      | 80      | не менее 60       |
| Фракционный состав                                     |        |         |         |         |                   |
| Температура перегонки 10%, °С                          | 181    | –       | 184     | 183     |                   |
| Температура перегонки 50%, °С                          | 271    | –       | 274     | 274     |                   |
| Температура перегонки 95%, °С                          | 361    | –       | 360     | 360     |                   |
| Коксуемость 10%-ного остатка, %(масс)                  | 0,0760 | 0,2458* | 0,1850  | 0,2740  | не более 0,30     |
| Зольность  | 0,0061 | 0,0287  | 0,0067  | 0,0070  | не более 0,01     |

\*-коксуемость пальмового масла

Из полученных результатов следует, что у смесового топлива с максимальной концентрацией ПМ 5% все показатели соответствуют стандартам для судовых топлив. Как следует из таблицы 1 физико-химические характеристики смесовых топлив с содержанием ПМ до 5% незначительно отличаются от параметра исходного ДТ. При концентрации 5% ПМ кинематическая вязкость смеси при 40 °С возрастает на 10,5%, плотность при 15 °С увеличивается на 0,35%, температура вспышки выросла на 7 °С. Наибольшее влияние добавка ПМ в судовое ДТ оказывает на два показателя: кислотное число и коксуемость 10% остатка. При добавлении 5% ПМ первый из них вырос от 0 до 0,22 мгКОН/г при установленном предельном значении 0,5 мгКОН/г, а второй увеличился в 3,6 раза практически достигнув своего верхнего нормативного значения. Отсюда следует, что именно эти два показателя лимитируют возможную концентрацию ПМ в смесовом ДТ.

Пальмовое масло полностью растворяется в ДТ, образуется устойчивая композиция, которая не расслаивается при комнатной температуре. Поэтому его применение в условиях машино-котельного отделения, где температура составляет более 10 °С, не требует модернизации системы топливоподготовки путем установки дополнительных подогревателей.

Исследования влияния добавки ПМ в судовое ДТ на параметры рабочего процесса проводились в лаборатории кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского на экспериментальной установке, представляющей собой судовую четырехтактный дизель 4NVD24 (4Ч17,5/24) с нагрузочным устройством. Его технические характеристики представлены в таблице 2.

*Таблица 2 – Основные характеристики дизеля 4NVD24*

| Наименование параметра | Единицы измерения | Значение |
|------------------------|-------------------|----------|
| Число цилиндров        | шт.               | 4        |
| Эффективная мощность   | кВт               | 30,0     |
| Диаметр цилиндра       | м                 | 0,175    |
| Ход поршня             | м                 | 0,24     |
| Частота вращения       | мин <sup>-1</sup> | 750      |

Дизель работал по нагрузочной характеристике на генератор постоянного тока. Для фиксации нагрузки, на распределительном щите, установлены амперметр и вольтметр. Общий вид лабораторного стенда и устройства нагружения представлены на рисунке 1.

Для измерения параметров рабочего процесса дизеля и его индикаторной мощности, был задействован портативный комплекс, для диагностики внутрицилиндровых процессов двигателей внутреннего сгорания модели HLV 2005 МК фирмы Baewert GmbH (Германия). Прибор, с высокой точностью, позволяет определять давление сжатия  $P_c$  и максимальное давление сгорания  $P_z$  в цилиндре дизеля, фиксирует частоту его вращения  $n$ , представляет

развернутые индикаторные диаграммы и рассчитывает цилиндрическую индикаторную мощность  $N_i$ .



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Переключение топлива между штатной топливной системой и баком с экспериментальным смесевым топливом осуществляется с помощью трехходовой пробки. Замер расхода топлива всегда предусматривал следующую последовательность действий, независимо от того на каком топливе, штатном или экспериментальном он проходил. При измерении расхода топлива фиксировали время, за которое двигатель расходовал 500 г топлива.

Схема подачи топлива представлена на рисунке 2.

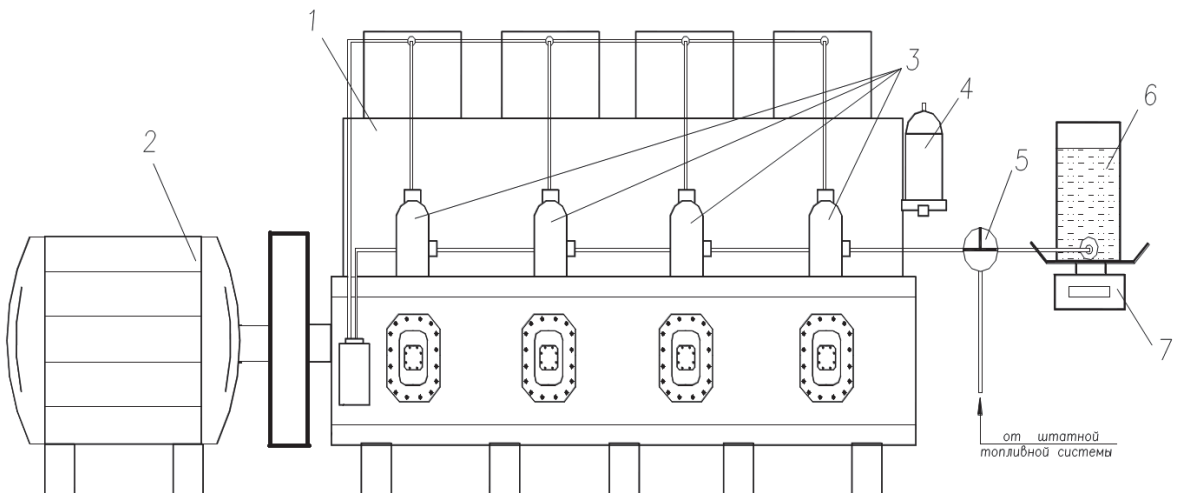


Рисунок 2 – Схема моторного стенда: 1-дизель 4NVD24; 2-генератор постоянного тока; 3-топливный насос высокого давления; 4-топливный фильтр; 5-трехходовая пробка; 6-измерительная емкость; 7-весы

После запуска дизеля и его прогрева на распределительном щите устанавливали нагрузку. На всех этапах испытания она составляла:  $A = 120 \text{ A}$ ,  $U = 130 \text{ В}$ , что соответствовало эффективной мощности равной 15,6 кВт.

После нагружения дизеля ожидали стабилизацию его температурного режима. Контроль осуществляли по стабилизации температуры уходящих газов и охлаждающей воды, а также по давлению масла в системе смазки.

В таблице 3 представлены все результаты измерения расхода топлива и теплотехнических параметров полученных в процессе испытаний. В таблице 3 дана усредненная, по результатам индицирования четырех цилиндров, частота вращения дизеля  $n$ , максимальное

давление сгорания  $p_z$ , среднее индикаторное давление  $p_i$  и суммарная индикаторная мощность. Обработка индикаторных диаграмм каждого цилиндра осуществлялась автоматизировано программным комплексом «Enginediagnosticsystem», который поставлялся совместно с прибором для измерения параметров рабочего процесса HLV 2005 МК.

Часовой расход топлива  $B_v$  определяли по выражению

$$B_v = 3,6 \frac{G_{ucm}}{\tau}, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где  $G_{ucm}$  – истинный расход топлива, определенный в результате замеров, г;

$\tau$  – время замера расхода топлива, с.

Удельный индикаторный расход топлива  $g_i$  рассчитывали по следующей формуле

$$g_i = \frac{B_v}{N_i}, \text{ кг/(кВт·ч)}, \quad (2)$$

где  $N_i$  – индикаторная мощность дизеля по результатам индицирования, кВт.

Таблица 3 – Показатели рабочего процесса судового дизеля при работе на смеси ДТ и ПМ

| Топливо | $P_z$ , бар | $P_i$ , бар | $n$ , мин <sup>-1</sup> | $T_{TPY.OF}$ , °C | $\Sigma N_i$ , кВт | $g_i$ , г/кВт·ч |
|---------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| ДТ      | 49,4        | 2,80        | 732,6                   | 153,8             | 38                 | 187,96          |
| ДТ+3%ПМ | 50,3        | 2,70        | 732,3                   | 157,7             | 38                 | 189,40          |
| ДТ+5%ПМ | 49,3        | 2,80        | 732,9                   | 159,3             | 39                 | 190,70          |

Дополнительно на рисунке 3 приведены развернутые индикаторные диаграммы по цилиндру №2.

Представленные результаты показывают, что максимальное давление, среднее индикаторное давление, а также частота вращения при работе дизеля на смесевом топливе фактически не изменяется. Однако влияние добавления пальмового масла сказывается на температуре отработавших газов и расходе топлива. При концентрации ПМ 3% значение температуры уходящих газов выросло на 2,5% и составляло 157,7 °C, а при содержании ПМ 5% ее значение составляло 159,3 °C. Данное явление объясняется тем, что в ПМ содержится больше высокомолекулярных соединений чем в ДТ, в результате чего процесс сгорания незначительно смещается на линию расширения. По этой причине при добавлении ПМ в ДТ удельный расход топлива увеличивается на 0,8% при концентрации ПМ 3%, и на 1,5% при концентрации 5%. Кроме того, увеличение расхода топлива объясняется также более низкой теплотой сгорания ПМ чем у ДТ, из-за наличия в составе ПМ до 10% атомов кислорода.

На основании проведенных исследований можно отметить, что работа судового дизеля на смесевом топливе, осуществляется в стандартном режиме и без каких-либо явно выраженных негативных явлений.

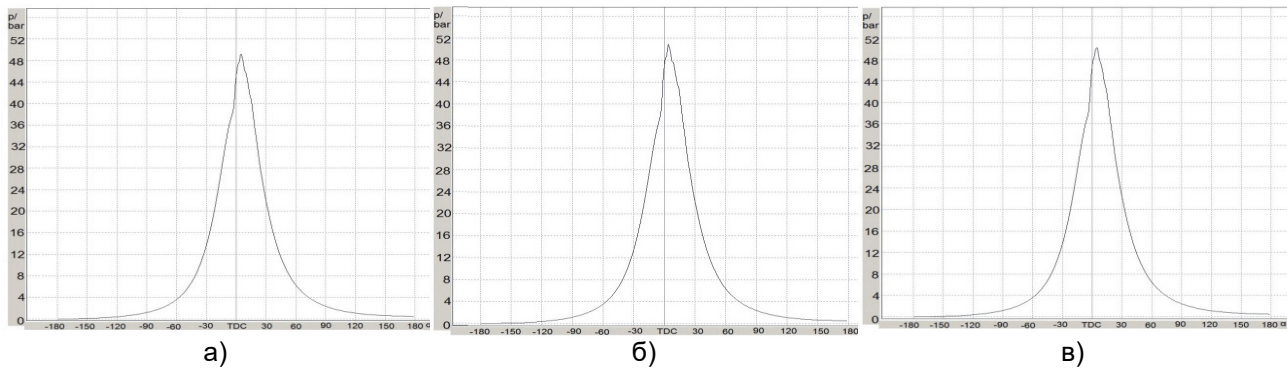


Рисунок 3 – Индикаторные диаграммы дизеля 4 NVD24, работающего на различных композициях топлив: а)-ДТ; б)-смесь ДТ+3%ПМ; в)-смесь ДТ + 5%ПМ

Отметим, что величина диаметра пятна износа (ДПИ) значительно уменьшается при добавлении ПМ в ДТ в концентрации от 1% до 3%. При добавлении 1% ПМ величина ДПИ уменьшилась на 38%, а 3% ПМ снижает ее значение на 52%. При увеличении количества ПМ более 3% уменьшение ДПИ уже не так значительно [4].

**Выводы:**

– В результате выполненных анализов физико-химических свойств ПМ и смесевых топлив установлено, что лимитируют допустимую концентрацию ПМ в судовом топливе, такие

показатели как кислотное число и коксуемость 10% остатка. Установлено, что при концентрации ПМ до 5% указанные показатели находятся в пределах требований нормативной документации на судовое топливо (ISO 8217-2012, ГОСТ 32510-2013).

– В результате приведенного моторного эксперимента установлено, что применение смесового топлива с ПМ в судовых дизелях не оказывает существенного влияния на изменения параметров рабочего процесса. При концентрации ПМ 5% температура отработавших газов увеличивалась на 5,6 °С, а удельный эффективный расход топлива вырос на 1,5%. Остальные параметры рабочего процесса дизеля, такие как  $p_z$ ,  $p_i$ ,  $n$  остались без изменения.

– Комплексный анализ, включающий в себя исследование физико-химических и трибологических свойств смесовых топлив, а также проведенный моторный эксперимент позволили установить оптимальную концентрацию ПМ в судовом ДТ. Она составляет 1-3%. Дальнейшее увеличение содержания ПМ не целесообразно, так как дает незначительный эффект, но при этом ухудшаются физико-химические показатели композиционного судового топлива с добавлением ПМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Руководство по применению положений международной конвенции Марпол 73/78. -НД №2. -030101-026. -Санкт-Петербург, 2009.
- 2 Надежкин, А.В. Анализ влияния низкосернистых топлив на надёжность работы топливной аппаратуры судовых дизелей / А.В. Надежкин, Лыу Куанг Хиеу // Вестник морского государственного университета. Сер. Судостроение и судоремонт. -Вып. 64/2014. -Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2014.
- 3 Марков, В.А. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов и др. -Москва, ООО НИЦ Инженер; ООО Онико-М, -2011, -536 с.
- 4 Надежкин, А.В. Анализ методов улучшения смазывающей способности малосернистых судовых дистиллятных топлив / А.В. Надежкин, Хиеу Лыу Куанг // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№4. -С. 117-121.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *малосернистое дистиллятное топливо, пальмовое масло, присадка, рабочий процесс, моторное исследование*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Надежкин Андрей Вениаминович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

*Хьеу Хыу Чиен, канд. техн. наук, доцент Вьетнамский морской университет*

*Лыу Куанг Хиеу, аспирант ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

*484 Лак Чау, Нго киеу, ХайФонг, Вьетнам, Вьетнамский морской университет*

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В НЕФТЕПРОДУКТАХ

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

**Г.В. Шувалов**

### METHODS AND MEANS OF DETERMINATION OF CONTENT OF WATER IN OIL PRODUCTS

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

In article methods and means of determination of content of water in oil products are considered.

*Keywords: method, oil products, devices*

Рассмотрены методы и средства определения содержания воды в нефтепродуктах.

Надежность работы двигателей внутреннего сгорания определяется конструкцией двигателя, выбором оптимальных режимов работы в определенном нагрузочном режиме и правильным использованием горюче-смазочных материалов, а именно, жидкого топлива (дизельное топливо, бензин) и моторных масел.

Эксплуатационные свойства топлив обуславливаются совокупностью их физико-химических свойств и влияют на показатели эффективности работы двигателя. Например, жидкое топливо должно обладать химической стабильностью, не вызывать коррозии частей двигателей, полностью сгорать с минимальным образованием токсичных веществ, не образовывать нагара на деталях двигателя, не содержать механических примесей и воды.

Взаимосвязь показателей прокачиваемости и некоторых физико-химических свойств топлив согласно стандарта ГОСТ 4.25-83 «Нефтепродукты. Номенклатура показателей» при-

ведена в таблице 1.

*Таблица 1 – Физико-химических свойств топлив, определяющие показатели прокачиваемости топлив*

| Физико-химических свойств топлив                            | Наименование характеризуемого свойства |
|---|--|
| Массовая доля воды, %                                       | чистота                                |
| Массовая доля механических примесей, %                      | чистота                                |
| Цвет  | чистота                                |
| Вязкость кинематическая при минус 40 °С, мм <sup>2</sup> /с | текучесть                              |
| Температура застывания, °С                                  | текучесть                              |
| Предельная температура фильтруемости, °С                    | фильтруемость                          |
| Температура начала кристаллизации, °С                       | фильтруемость                          |
| Взаимодействие с водой, балл                                | поверхностная активность               |

Из таблицы 1 видно, что практически все показатели прокачиваемости топлив определяются содержанием воды, так называемой обводненностью нефтепродукта.

Вода попадает в нефтепродукты различными путями: в результате прямого попадания дождя и снега в процессе хранения, при транспортировке и заправке, конденсация влаги из воздуха, просачивание воды через уплотнения и т.д.

Вода в топливе может находиться в растворённом виде (гигроскопичная вода) и свободная вода (эмульсионная вода и вода в виде отдельной жидкой фазы). Гигроскопическая вода попадает в топливо в результате поглощения топливом из атмосферы паров воды, которые затем удерживаются в ней силами межмолекулярного взаимодействия. Количество воды растворённой в топливе зависит от группового состава, например, ароматические углеводороды в 10 раз гигроскопичнее, чем парафиновые. При различной температуре топлива в нем может растворяться от 0,002 до 0,007% воды.

В условиях резкого колебания температур растворенная вода может переходить в эмульсионную в виде мельчайших капелек воды, находящихся во взвешенном состоянии. С понижением температуры топлива растворимость воды уменьшается, и вода в виде капель оседает на дно резервуара.

Свободная и эмульсионная вода особенно опасна в зимних условиях, она превращается в кристаллы льда, забивает фильтры, нарушается или прекращается подача топлива, снижается смазывающая способность топлива, усиливается химическая и электрохимическая коррозия.

В наибольшей степени страдает от воды дизельный двигатель. Вода в дизельном топливе способствует его микробиологическому загрязнению, ведущему к повышению кислотности, увеличению вязкости, снижению термической стабильности и испаряемости. Содержание воды в смазочных маслах усиливает их склонность к окислению и ускоряет коррозию металлических поверхностей, соприкасающихся с маслом.

Требования по обводненности нефтепродуктов, содержатся в ряде стандартов и технических условиях на конкретные топлива и масла (таблица 2).

*Таблица 2 – Требования по обводненности нефтепродуктов*

| Нефтепродукт             | Топливо дизельное   | Топливо для реактивных двигателей                  | Авиационный бензин                              | Судовое топливо   | Отработанные нефтепродукты   | Масла моторные  |
|--------------------------|---|--|---|---|--|---|
| Норматив содержания воды | содержание воды, мг/кг, не более 200                                | отсутствие   | отсутствие                                      | содержание воды, % об., не более 0,5                                    | массовая доля воды, %, не более 2                                    | массовая доля воды, %, не более 0,1   |
| Нормативные документы    | ГОСТ Р 5236 8 (EN 590) «Топливо дизельное Евро Технические условия» | Технический регламент «О требованиях к топливу...» | Технический регламент «О требованиях к топливу» | ГОСТ Р 54299-2010 (ИСО 8217:2010) «Топлива судовые Технические условия» | ГОСТ 21046 – 86 Нефтепродукты отработанные Общие технические условия | ГОСТ 12337-84 «Моторные масла для дизельных двигателей Технические условия» |

Так как наличие воды в моторных топливах и смазочных маслах является крайне нежелательным, то разработано достаточное количество методов определения воды в нефтепродуктах, которые условно могут быть разбиты на две группы: качественные и количественные [1].

К качественным методам относятся пробы на прозрачность и потрескивание.

Для количественного определения воды в нефтепродукте можно использовать различные их свойства, функционально связанные с содержанием в них воды: плотность, вязкость, поверхностное натяжение, диэлектрическую проницаемость, электропроводность, теплопроводность и т.д. Определить вид этой функциональной зависимости, как правило, сложно из-за неаддитивного вклада содержания воды в измеряемый параметр, поэтому зависимость содержания воды от свойств нефтепродукта находят, используя экспериментальные данные.

В таблице 3 приведены основные методы определения воды в нефтепродуктах и их краткое описание.

*Таблица 3 – Методы определения воды в нефтепродуктах*

| Название метода         | Нормативная документация  | Краткое описание метода  |
|-------------------------|---|--|
| Метод Дина и Старка     | ГОСТ 2477-65 «Метод определения содержания воды»<br>ГОСТ Р 51946-2002 «Метод определения воды дистилляцией»   | Сущность метода заключается в азеотропной перегонке воды с растворителем с последующим их разделением и измерением объема сконденсированной воды в градуированной приемнике-ловушке. Перегонка осуществляется при атмосферном давлении в стеклянной установке.<br>Количество воды в приемнике – ловушке 0,03 мл и меньше считается следовыми количествами  |
| Гидрид-кальциевый метод | ГОСТ 7822-75 «Метод определения растворенной воды»  | Метод, основанный на взаимодействии гидрида кальция с водой, содержащейся в топливе по уравнению<br>$\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$<br>и позволяет судить о количестве воды по объему выделившегося водорода. Проводят испытание в специальном приборе, количество воды определяют расчетным путем. Результаты испытания в данном методе зависят от точности измерения объема выделившегося водорода, герметичности прибора и отсутствия колебаний температуры окружающего воздуха   |
| Метод центрифугирования | ГОСТ 31734-2012 «Метод определения воды и осадка методом центрифугирования»   | Сущность метода заключается в центрифугировании пробирок с испытуемыми образцами нефтепродуктов и добавками растворителя и раствора деэмульгатора для усиления отделения воды от испытуемой порции образца и предотвращения прилипания осадка к стенкам пробирки центрифуги. После остановки центрифуги фиксируется наличие воды и осадка на дне каждой пробирки с точностью 0,05 см <sup>3</sup>  |
| Метод Карла Фишера      | ГОСТ 24614-81 «Кулонометрический метод определения воды»<br>ГОСТ Р 54284-2010 «Определение воды кулонометрическим титрованием по К. Фишеру»<br>ГОСТ Р МЭК 60814 «Определение влаги в жидких и твердых диэлектриках кулонометрическим титрованием» | Определение влаги в углеводородных жидкостях методом кулонометрического титрования по Карлу Фишеру – один из самых надежных и достоверных методов. Метод основан на количественном связывании присутствующей в образце влаги реагентом Карла Фишера:<br>$\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 + \text{SO}_2 + \text{R}'\text{OH} + 3\text{RN} \rightarrow (\text{RNH})\text{SO}_4\text{R}' + 2(\text{RNH})\text{I}$<br>где RN – органическое основание, например, пиридин; R'OH – органический спирт (обычно метанол). Существует две модификации метода: классическое (волюметрическое) титрование реагентом Фишера с помощью дозирующей бюретки и кулонометрическое титрование, при котором реагент Фишера генерируется под действием электрического тока непосредственно в титрационной ячейке |




## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Продолжение таблицы 3







| Название метода   | Нормативная документация  | Краткое описание метода   |
|---|---|---|
| Хроматографический метод                                | Исследовательская методика  | Хроматографический способ с использованием газового хроматографа предназначен для определения содержания растворенной в топливе воды, имеет достаточную точность и малое время проведения испытания – не более 10 минут   |
| Диэлькометрический метод                                | ГОСТ 14203-69 «Нефть и нефтепродукты. Диэлькометрический метод определения влажности»               | Стандарт устанавливает метод измерения влажности эмульсии нефти и нефтепродуктов, способных образовывать эмульсии типа «вода в масле», диэлькометрическими влагомерами. Метод основан на измерении зависимости диэлектрической проницаемости эмульсии от содержания воды  |
| Оптический метод  | Исследовательская методика  | Эмульсионная вода в топливе может фиксироваться оптическими методами, например, определяется интенсивность света в видимом диапазоне волн при его прохождении через исследуемое топливо с взвешенными в нем микрокаплями нерастворенной воды.   |
| Определение тепла, выделившегося при гидратации веществ | ГОСТ 26378.1-78 «Нефтепродукты отработанные. Метод определения воды»                                | В основе этой группы методов лежит калориметрическое определение тепла, которое выделяется при гидратации сульфата меди. Измерение температуры проводят с точностью 0,1°. Определяется от 0,03 масс. % воды, содержащейся в нефтепродукте.  |
| Химические методы                                       | ГОСТ 29064-91 «Топлива для газотурбинных и поршневых двигателей. Экспресс-методы контроля качества» | В основу работы целого ряда приборов контроля обводненности жидкостей заложен принцип, который основан на изменении цвета химических веществ в присутствии воды.<br>Для визуального контроля наличия свободной воды к пробе топлива добавляют, например, марганцовокислый калий, который, растворяясь в воде, окрашивает её в характерный цвет, хорошо видимый на глаз.<br>Существуют методы, в которых для констатации наличия воды используются различные порошковые, бумажные или пастообразные индикаторы, которые изменяют свой цвет при контакте с водой.<br>Индикаторы реагируют на присутствие эмульсионной воды от 0.001 до 0.003% масс. |
| Проба на «потрескивание»                                | ГОСТ 1547-74 «Масла и смазки Методы определения наличия воды»                                       | Качественное определение производится в лабораторных условиях с помощью прибора, состоящего из масляной бани, в которую помещена пробирка с испытуемым маслом. Если при нагревании масла до 130-150 °С наблюдается вспенивание масла или слышится потрескивание, следовательно, в пробе имеется вода.   |

Рассмотренные выше методы реализованы в целом ряде приборов для определения содержания воды в нефтепродуктах. Технические данные о некоторых приборах приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Приборы для определения содержания воды в нефтепродуктах

|  |  |
|--|--|
| <p>Экспресс-анализатор содержания воды Pall, США</p>  | <p>Экспресс-анализатор для определения содержания воды в масле портативный, позволяет определить содержание воды в маслах в диапазоне (0,01-1,40)%</p> |
|--|--|

*Продолжение таблицы 4*

|  |  |
|--|--|
| <p>Кулонометрический титратор ПЭ-9210, Россия</p>         | <p>Кулонометрическое титрование по методу Фишера<br/>Чувствительность 0,1 мкг H<sub>2</sub>O;<br/>Диапазон измерений массы воды в образце 0,01-200 мг;<br/>Предел допускаемой относительной погрешности ±3,0%;<br/>Предел допускаемого относительного среднеквадратического отклонения случайной составляющей погрешности 1,5%</p> |
| <p>Титратор Easy KfV, Mettler Toledo, Швейцария</p>       | <p>Кулонометрическое титрование по методу Фишера<br/>Определение воды в нефти и нефтепродуктах по ASTM D4377-93а и E203-96<br/>Определения микроколичеств воды - от 1 ppm до 5%</p>  |
| <p>Титратор DL31/38, Mettler Toledo, Швейцария</p>       | <p>Волюмометрическое титрование по методу Фишера<br/>Определение воды в нефти и нефтепродуктах по ASTM D4377-93а и E203-96<br/>Анализ образцов с содержанием влаги до 100%</p>   |
| <p>Прибор содержания воды в нефтепродуктах ВАД-40М</p>  | <p>Измеритель является инструментальным обеспечением ГОСТ 14203 «Диэлькометрический метод определения влажности»<br/>Содержание воды в нефтепродуктах (0-10)%<br/>Погрешность измерения влажности не превышает 0,5%</p>  |
| <p>Влагомер ВСН-1</p>                                   | <p>Диапазон измерения, объемная доля, 0-100%<br/>Пределы основной абсолютной погрешности, объемная доля, ±4,0%</p>   |
| <p>Влагомер трансформаторного масла ВТМ-2</p>           | <p>Принцип действия влагомера основан на извлечении влаги из точно дозированной пробы газом-носителем в десорбционной колонке и последующем электролизе её кулонометрическом чувствительном элементе.<br/>Диапазон измерения, (0-50) 1/млн.<br/>Абсолютная погрешность, не более 2,5 1/млн.</p>                                    |
| <p>Влагомер нефти ВТН-1П</p>   | <p>Метод, реализуемый во влагомере, по сравнению с диэлькометрическим позволяет достичь в 100 раз более высокую чувствительность<br/>Диапазон измерения, объемная доля, в (0-3,0)%<br/>Основная абсолютная погрешность, объемная доля, в ±0,06%</p>  |

*Продолжение таблицы 4*

|  |  |
|--|--|
| <p>Влагомер нефти УВДН-1ПМ</p>    | <p>Принцип действия влагомера основан на поглощении энергии микроволнового излучения водонефтяной эмульсией.<br/>         Диапазон измерения, объемная доля воды, (0,01-10,0)%<br/>         Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности, объемная доля воды, % <math>\pm 0,15</math></p>   |
| <p>Комплект KD4006 для определения воды в нефти по Дину-Старку, Koehler, США</p>   | <p>Колба круглодонная 24/40<br/>         Приемник-ловушка 5 мл, 24/40<br/>         Конденсатор Либиха, 400 мл, 24/40<br/>         Ловушка, 5 мл<br/>         Нагреватель</p>   |
| <p>Аппарат для определения содержания воды DS-1</p>                         | <p>Аппарат для определения содержания воды дистилляцией (метод Дина-Старка) в сырой нефти позволяет определять содержание воды в нефти и нефтепродуктах по ASTM D 4006 - IP 358 - ISO 9029 - JIS K2275.</p>  |
| <p>Автоматическая система для определения воды МКС-500, Kyoto, Япония</p>  | <p>Для определения следовых содержаний влаги в углеводородных жидкостях по методу Карла Фишера с кулонометрическим генерированием титранта.<br/>         Диапазон измерения: от 10 мкг до 100мг;<br/>         Чувствительность детектирования: 0.1 мкг H<sub>2</sub>O;<br/>         Точность: коэффициент вариации менее 0,3%</p>  |
| <p>Центрифуга BSC-4 для определения воды и осадка</p>                     | <p>Центрифуга является полностью программируемым автоматическим прибором, позволяющим анализировать нефть по запрограммированным режимам. Центрифуга имеет четырехпозиционный ротор с поворачивающимися контейнерами. Позволяет работать с коническими и грушевидными пробирками длиной 6 или 8 дюймов. Скорость, время и температура центрифугирования являются изменяемыми параметрами и управляются встроенным контроллером. Время работы программируется от 0 до 99:99:99 ч/мин/с.</p> |
| <p>Измеритель влажности нефтепродуктов ИВН-3003</p>                       | <p>Измеритель предназначен для экспресс-измерения влажности проб обратных эмульсий, образованных нефтепродуктом и водой<br/>         Диапазон измеряемых влажностей: 0,5-20,0%;<br/>         Диапазон относительной диэп. проницаемости «сухого» продукта: 1,8-2,7;<br/>         Погрешность (абс): 0,6%</p>   |

Таким образом, в результате проведенного анализа установлено, что в настоящее время имеется достаточно обширное нормативно-методическое обеспечение измерений содержания воды в нефтепродуктах. В соответствии с нормативно-методическим обеспечением на рынке предлагается обширный круг приборов для определения содержания воды в нефтепродуктах, в том числе отечественного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Приходько, А.В. Методы определения содержания воды в нефти и нефтепродуктах в лабораторных условиях / А.В. Приходько, А.В. Жуков. -Хабаровск: Издательство Далн. Вост. гос. универ. путей сообщ., 2015. -16 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** метод, нефтепродукты, приборы  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УСТАНОВКЕ «ИТКОН»

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

Г.В. Шувалов

MEASUREMENT TECHNIQUE OF TEMPERATURE COEFFICIENT OF VOLUME EXPANSION OF OIL PRODUCTS ON THE ITKON INSTALLATION

Siberian research institute of metrology  
G.V. Shuvalov

The results of the development of methods of measurement of the temperature coefficient of volume expansion of oil at low temperatures.

Keywords: measurement technique, oil products, temperature coefficient of volume expansion

Приведены результаты разработки методики измерений температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов в условиях низких температур.

Определение температурного коэффициента объемного расширения нефти и нефтепродуктов в условиях низких температур является весьма актуальным при создании метрологического обеспечения учета количества нефтепродуктов. Был предложен метод определения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов  $\beta$  с помощью емкостного низкотемпературного уровнемера, когда объем расширенного нефтепродукта определяется путем измерения электрической емкости конденсатора [1].

В этой связи ниже рассматривается методика измерений температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов в условиях низких температур.

В основу работы установки «ИТКОН» положен косвенный метод определения температурного коэффициента объемного расширения жидкости  $\beta$ , базирующийся на независимых измерениях основных компонентов классического уравнения измерения этого параметра

$$\beta = \frac{1}{V_1} \frac{1}{\Delta T} \Delta V, \quad (1)$$

где  $V_1$  – начальный объем испытуемого продукта;

$\Delta T$  – изменение температуры испытуемого продукта

$$\Delta T = T_2 - T_1;$$

$\Delta V$  – изменение объема жидкости, обусловленное изменением температуры на  $\Delta T$

$$\Delta V = V_2 - V_1.$$

В установке «ИТКОН» начальный объем  $V_1$  испытуемого продукта определяется традиционными средствами измерения вместимости, остальные – электрическими методами с помощью преобразования  $\Delta T$  в электрическое сопротивление, а  $\Delta V$  – в электрическую емкость емкостного уровнемера.

С учетом этих преобразований уравнение измерения будет иметь вид

$$\beta = \frac{1}{V_1} \frac{1}{\Delta R \alpha} \frac{K \Delta C}{\varepsilon - 1}, \quad (2)$$

где  $V_1$  – начальный объем испытуемого нефтепродукта;

$\Delta R$  – изменение сопротивления термистора,

$$\Delta R = R_2 - R_1;$$

$K$  – нормируемый коэффициент для выбранного соотношения  $D/d$ ;

$\alpha$  – температурный коэффициент термистора;

$\Delta C$  – изменение электрической емкости уровнемера, обусловленное изменением температуры

$$\Delta C = C_2 - C_1;$$

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость, определяемая через отношение изменения емкости  $\Delta C_2^0$  диэлькометра, встроенного в уровнемер, заполненного нефтепродуктом при температуре  $T_2$  к изменению  $\Delta C_1^0$  при пустом диэлькометре и температуре  $T_1$

$$\varepsilon = \frac{\Delta C_2^0}{\Delta C_1^0}.$$

С учетом использования косвенного метода определения изменения объема  $\Delta V$  при помощи коаксиального емкостного уровнемера (рисунок 1) формула (2) приобретает следующий вид [2]

$$\beta = \frac{(D^2 - d^2) \ln \frac{D}{d}}{8\varepsilon_0 V_1} \frac{1}{\Delta T} \frac{C_{2...n} - C_1}{\varepsilon - 1} K^{-1}, \quad (3)$$

- где  $D$  – внутренний диаметр внешнего электрода коаксиальной линии уровнемера;  
 $d$  – диаметр внутреннего электрода коаксиальной линии уровнемера;  
 $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость нефтепродукта;  
 $C_1$  – первоначальное значение электрической емкости уровнемера при температуре  $T_1$ ;  
 $C_{2...n}$  – значения электрической емкости уровнемера при изменениях температуры до  $T_n$ .

Измерительная ячейка эталонной установки «ИТКОН» представляет собой систему (рисунок 2), состоящую из резервуара с испытуемым нефтепродуктом 2. Вся система установлена в вертикальном положении на массивном основании 1 и помещается в климатическую камеру с регулируемым и контролируемым температурным режимом.

Резервуар для испытуемого нефтепродукта с целью температурной стабилизации его внутреннего объема выполнен из инвара. Он снабжен обратным клапаном 12 для заправки и пробкой 13 для слива нефтепродукта.

Ёмкостный датчик уровнемера представляет собой отрезок однородной в сечении коаксиальной линии, состоящей из трёх электродов – основных 4 и 5 и вспомогательного 7. Основные электроды обеспечивают измерение уровня подъёма нефтепродукта, а вспомогательный – измерение температурной зависимости его диэлектрической проницаемости.

Основные электроды, с целью уменьшения температурной зависимости начальной ёмкости датчика, выполнены из материалов с разными температурными коэффициентами линейного расширения. Все электроды изолированы друг от друга с помощью фторопластовых изоляторов 6 и 8. Внутренние полости резервуара и коаксиальной линии соединены с помощью каналов 10. Подключение ёмкостного датчика к внешнему измерителю ёмкости осуществляется через коммутатор с помощью коаксиальных кабелей, соединяемых с разъёмами датчика 9.

Работа системы осуществляется в следующем порядке: через обратный клапан 12 с помощью внешнего дозатора и соединительного трубопровода в резервуар нагнетается нефтепродукт до условленного уровня 11 при минимальной для данного нефтепродукта температуре. Измерителем ёмкости фиксируются показания ёмкости основных электродов 5 и 4 и вспомогательного электрода 7. При увеличении температуры увеличивается объём жидкости в замкнутом резервуаре, излишки которой через каналы 10 поступают в межэлектродное пространство ёмкостного датчика, тем самым изменяя их электрическую ёмкость.

Фиксируя показания изменения температуры датчика, значение ёмкостей с его основных и вспомогательного электродов, по формуле (3) рассчитывают температурный коэффициент объёмного расширения нефтепродукта  $\beta$ .

Методика измерения температурного коэффициента объёмного расширения на установке «ИТКОН» заключается в выполнении следующих операций:

- в открытый резервуар (кювету), с помощью мерной колбы 1-го класса по ГОСТ 1770-

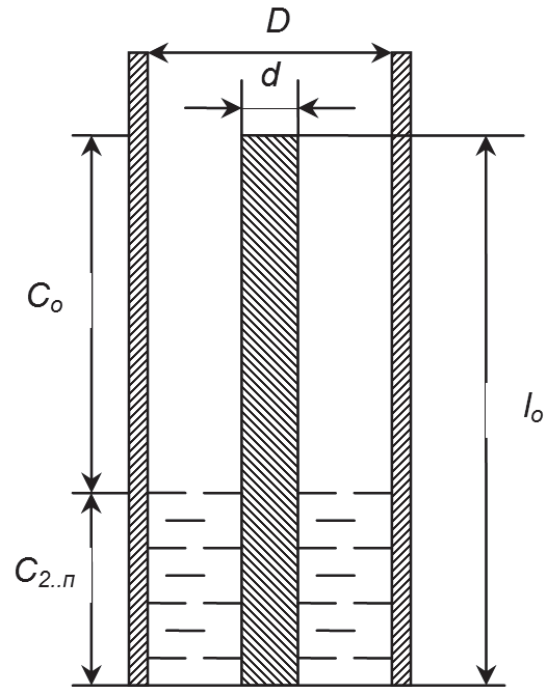


Рисунок 1 – Емкостной уровнемер



74 емкостью 100 мл заливают испытуемую жидкость;

– на резервуар плотно навинчивается корпус диэлькометра, тем самым создавая закрытый объем кюветы;

– в верхней части корпуса диэлькометра устанавливаются электроды уровнемера, создавая при этом однородную коаксиальную линию;

– собранный макет установки «ИТКОН» помещают в камеру тепла и холода типа «БСК-60/100-60кТХ» (рисунок 3);

– производят электрическое соединение электродов уровнемера и диэлькометра с помощью коаксиальных кабелей через коммутатор с цифровым измерителем электрической емкости, а также термометров сопротивления с цифровым преобразователем сопротивления в температуру «ТЕРКОН»;

– закрывают плотно камеру «БСК-60/100» и порты соединения и устанавливают режимы охлаждения; у камеры – до минус 60 °С, а у измерителя емкости «ваг» - следящий. Фиксируем в рабочем журнале значения общей емкости уровнемера и диэлькометра, а также диэлькометра (с нулевым потенциалом) через каждые 10 °С изменения температуры;

– по достижении температуры в камере минус 60 °С дозправляют кювету испытуемым продуктом через обратный клапан с помощью шприцевого насоса до значения электрической емкости равной 108 пФ, что соответствует началу шкалы уровнемера и начальному объему нефтепродукта  $V_1 = 105$  мл;

– по достижении стабилизации температуры нефтепродукта, когда наступит равенство значений температур корпуса кюветы и внутри ее, фиксируют в журнале значение начальной емкости уровнемера –  $C_1$  и температуры внутри кюветы  $T_1$ ;

– на датчике температуры камеры устанавливаем необходимый подъем температуры до  $T_2$ . По достижении стабилизации температуры нефтепродукта, когда наступит равенство значений температуры корпуса кюветы и внутри ее, фиксируют в журнале значение емкости уровнемера  $C_2$ , температуры внутри кюветы  $T_2$  и значение емкости  $C_2^0$  при соединении электрода диэлькометра коммутатором с нулевой шиной измерителя емкости.

– по формуле (3) вычисляют значение температурного коэффициента объемного расширения измеряемого продукта  $\beta$  в заданном температурном интервале.

Дальнейшее изменение температуры в камере производить только в сторону ее повышения, производя при этом все операции в соответствии с предложенной методикой измерения температурного коэффициента объемного расширения нефтепродуктов.

Таким образом, разработана методика измерений температурного коэффициента объемного

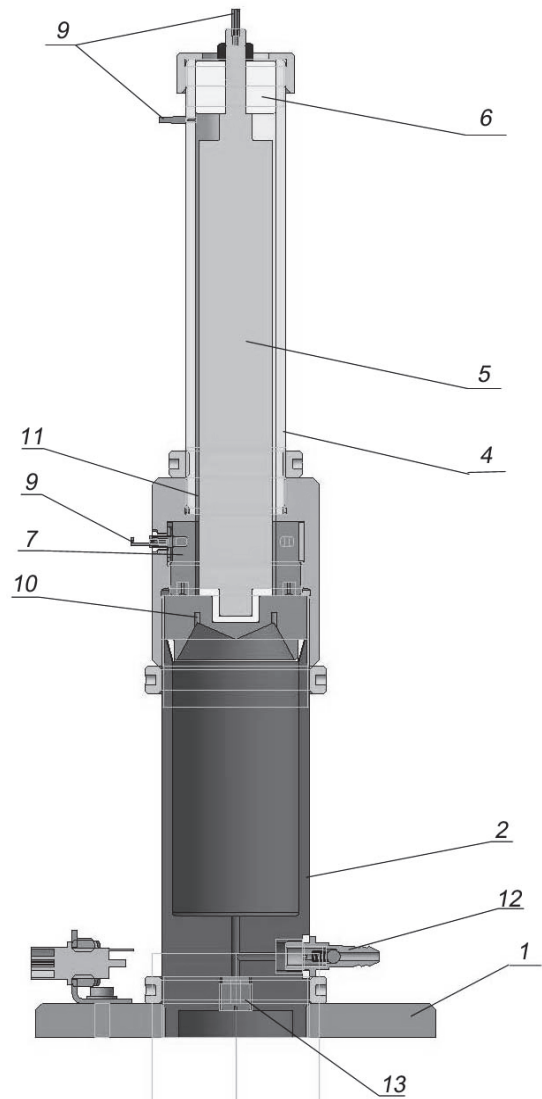


Рисунок 2 – Измерительная ячейка

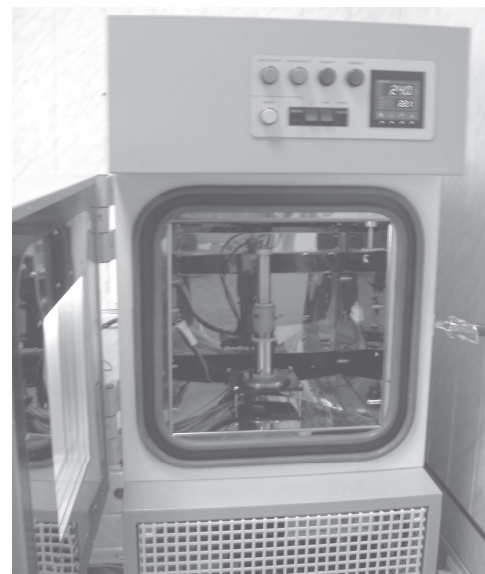


Рисунок 3 – Проведение измерений (с открытой дверцей камеры)



расширения нефтепродуктов в условиях низких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шувалов, Г.В. Образцовые средства измерений коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В. Шувалов, А.А. Мамонов, О.А. Ясырова // -Датчики и системы. -2012. -№6. -С. 27-29.
- 2 Шувалов, Г.В. Разработка приборов для определения коэффициента объемного расширения и плотности нефтепродуктов / Г.В.Шувалов, А.А.Мамонов, Ю.А.Гапонов, И.В. Клековкин, О. А. Ясырова // Мат-лы 11-ой межд. конф. «Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2012». : Сб.тр. -Т.3. -Новосибирск, 2012. -С.13-15.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** методика измерений, нефтепродукты, температурный коэффициент объемного расширения

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Шувалов Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, директор ФГУП «СНИИМ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

## **РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В НЕФТЕПРОДУКТАХ**

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии»

**Г.В. Шувалов**

### **DEVELOPMENT OF THE DEVICE FOR DETERMINATION OF CONTENT OF WATER IN OIL PRODUCTS**

Siberian research institute of metrology

G.V. Shuvalov

In article results of development of the device for determination of content of water are given in oil products.

*Keywords: oil products, content of water, device*

Приведены результаты разработки прибора для определения содержания воды в нефтепродуктах.

С совершенствованием двигателей внутреннего сгорания повышаются требования к ассортименту и качеству нефтепродуктов, в связи с чем, качество нефтепродуктов необходимо контролировать на всех этапах его производства, транспортирования и хранения.

Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» предъявляет обязательные требования к безопасности отечественных топлив. Вместе с тем на практике часто наблюдается ситуация, когда показатели безопасности топлива находятся в норме, а существует отклонение физико-химических характеристик топлива.

С мая по сентябрь 2015 года подразделениями Росстандарта было проверено 3109 автозаправочных станций (далее – АЗС). Проверки прошли на 689 сетевых АЗС, входящих в структуры вертикально интегрированных нефтяных компаний, и 2420 независимых АЗС. Росстандарт проводил проверки по всем видам топлива, реализуемым на АЗС (дизельное топливо, бензин), на предмет соответствия требованиям технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

В результате проведения проверочных мероприятий были установлены нарушения регламентированных требований на 1342 АЗС или 43% от общего количества АЗС, при этом нарушения требований технического регламента в части физико-химических показателей моторного топлива выявлены на 652 АЗС.

Основная доля нарушений физико-химических характеристик топлива приходится на несоответствие автомобильного бензина и дизельного топлива по показателям «массовая доля серы» (666 случаев), «температура вспышки в закрытом тигле» (198 случаев), «октановое число» (94 случая).

В то же время имеется достаточно большое количество данных о несоответствии эксплуатационных показателей топлив и масел нормативным требованиям, в частности по содержанию воды, что вызывает негативные последствия для работы двигателя. Например,

обводнение масла влияет на изменение его моторных свойств следующим образом [1]:

- вызывает возникновение электрохимической коррозии;
- является средой для микробиологического заражения масла;
- способствует образованию низкотемпературных осадков;
- снижает моющих потенциал присадок;

- снижает несущую способность подшипников;
- интенсифицирует процесс образования в масле нерастворимых примесей.

Было показано, что наибольшая вероятность обводнения масла имеет место в судовых дизелях, так как при обследовании судов Северо-Западного речного пароходства выяснилось, что почти третья часть причин выбраковки масла приходится на его обводнение.

Большинство методов оценки обводненности топлив и масел стандартизовано, однако имеет определенные недостатки, связанные либо с применением сложных и дорогостоящих приборов либо не пригодны к использованию в полевых условиях, в связи с чем, не обеспечивается необходимая оперативность измерений.

Поэтому актуальной является проблема разработки точных и быстродействующих анализаторов содержания воды в нефтепродуктах.

В Сибирском НИИ метрологии был разработан экспресс-анализатор СИМ-4 для оценки обводненности топлив и масел по величине диэлектрической проницаемости испытуемого нефтепродукта.

Анализаторы предназначены для измерения массовой доли воды в моторных маслах и дизельном топливе при оперативном контроле их качества и относятся к группе автоматизированных анализаторов по ГОСТ 16851-71, когда отбор проб проводится оператором вручную, а измерение массовой доли воды в нефтепродуктах и выдача результатов измерения происходит автоматически.

Диапазон измерений массовой доли воды в процентах в нефтепродуктах от 0,01 до 2,00%. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения массовой доли воды в нефтепродуктах  $\pm 10\%$ .

Габаритные размеры, мм, не более:

- первичного преобразователя – диаметр 50 мм, высота 115 мм;
- измерительного прибора анализатора СИМ-4 – 210×200×65 мм.

Масса анализатора СИМ-4 - не более 1,8 кг.

Принцип действия анализатора основан на емкостном методе измерения относительной диэлектрической проницаемости обезвоженных моторных масел (дизтоплива), массовая доля воды в которых меньше, чем 0,01%, и контролируемых моторных масел (дизтоплива).

Расчет массовой доли воды в контролируемых моторных маслах (дизтопливе) в зависимости от диэлектрической проницаемости анализатор выполняется автоматически.

Результат измерения массовой доли воды в контролируемых моторных маслах (дизтопливе) индицируется на индикаторе в процентах и граммах на тонну.

Первичный преобразователь, выполненный в виде коаксиального конденсатора с цилиндрическими электродами, включен в измерительную схему с операционным усилителем. Измерительная схема построена по принципу делителя напряжения и приведена на рисунке 1.

Первичный преобразователь, представленный эквивалентной схемой, содержит конденсатор  $C_x$ , характеризующий емкость коаксиального конденсатора. Для данной схемы значение выходного напряжения  $U_{вых}$  определяется выражением

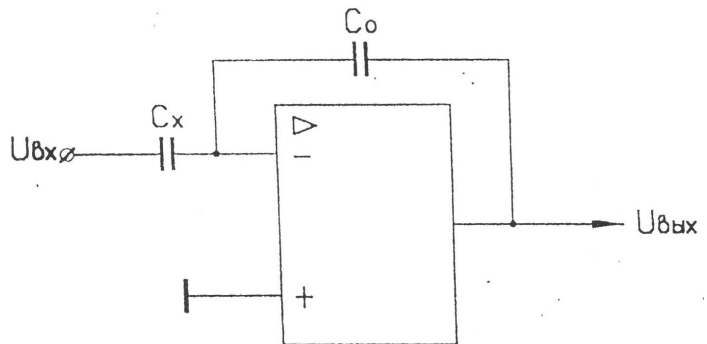


Рисунок 1 – Измерительная схема прибора СИМ-4

$$U_{вых} = \frac{U_{вх} C_x}{C_o}$$

При условии  $C_x = C_o$  в начальном состоянии схемы перед измерением имеем

$$U_{вых} = U_{вх}$$

При заполнении первичного преобразователя контролируемым нефтепродуктом амплитуда выходного напряжения измерительной схемы изменится пропорционально его диэлектрической проницаемости  $\epsilon$

$$U_{вых} = \epsilon U_{вх}$$

Выходное напряжение измерительной схемы после детектирования и фильтрации преобразуется в цифровой сигнал и индицируется цифровым индикатором.

Конструктивно анализатор состоит из измерительного прибора и первичного преобразователя.

Измерительный прибор выполнен в унифицированном корпусе, изготовленном из ударопрочного полистирола. Для удобства работы с прибором корпус снабжен откидывающейся подставкой, которая может служить ручкой для переноски прибора.

В корпусе расположена плата индикации, платы измерительного канала анализатора. На передней и задней панелях располагаются элементы управления и регулировки, разъемы.

Первичный преобразователь анализатора, представленный на рисунке 2, выполнен в виде коаксиального конденсатора, электроды которого представляют собой два коаксиально расположенных металлических цилиндра 2, 3. Во время измерения пространство между электродами заполняется контролируемым нефтепродуктом.

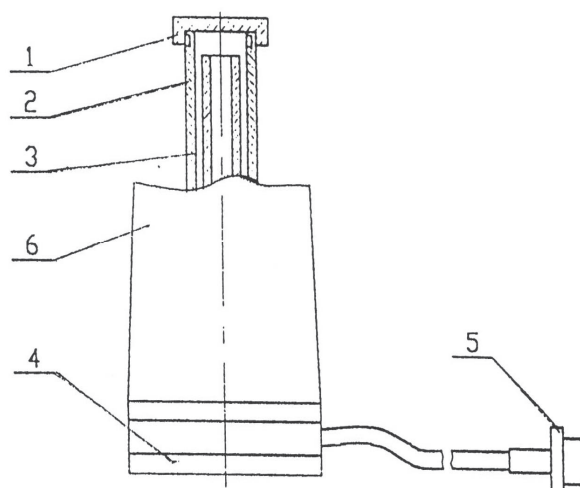


Рисунок 2 – Конструкция первичного преобразователя СИМ-4: 1-крышка; 2-внешний электрод; 3-внутренний электрод; 4-нижняя крышка; 5-кабель; 6-кожух

Для предохранения рабочих поверхностей электродов от загрязнений последние закрываются крышкой 1. Для удобства промывки и чистки электродов наружный электрод устанавливается на резьбе.

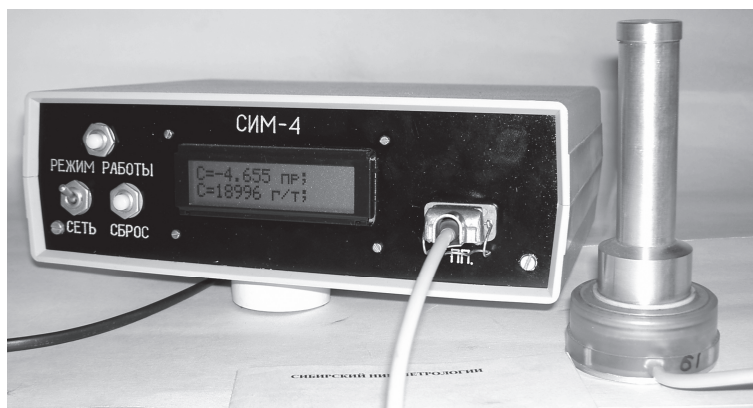


Рисунок 3 – Конструкция анализатора СИМ-4

Для предотвращения смещения наружного электрода относительно вертикальной оси последний имеет центрирующую поверхность.

Для предохранения электродов от повреждений во время транспортирования и хранения они закрываются кожухом 6.

Соединительный кабель 5 распаивается на лепестки и закрывается крышкой 4 (нижней).

Конструкция анализатора СИМ-4 приведена на рисунке 3.

Однако, как показал опыт эксплуатации, эти анализаторы в пол-

ной мере удовлетворяют современным требованиям их практического применения, так как принцип действия этих приборов основан на косвенном методе определения (диэлектрическая проницаемость) свойств нефтепродукта.

Данный прибор, несмотря на удобство работы с ним и малое время измерения содержания воды позволяет определять только эмульсионную воду. В этой связи при измерениях всегда возникает погрешность определения содержания воды за счет растворенной воды и воды, содержащейся в свободном состоянии в виде отдельных капель размером 0,5–1 мм и более. Поэтому этот прибор требует либо существенной модернизации, либо – пересмотра и замены принципа действия.

В этой связи в настоящее время проводится разработка прибора для определения воды, основанного на извлечении воды из нефтепродукта и улавливания извлеченной влаги на сорбенте, в качестве которого выступают поверхностно активные вещества (ПАВ) и окись алюминия. Преимуществом указанного способа определения является возможность определения воды независимо от форм содержания ее в нефтепродукте.

Предлагаемый метод определения содержания воды основан на определении емкости измерительной ячейки, содержащей сорбент, при поглощении  $H_2O$ . Принципиальная схема измерений представлена на рисунке 4.

Работу схемы можно пояснить следующим образом (рисунок 4).

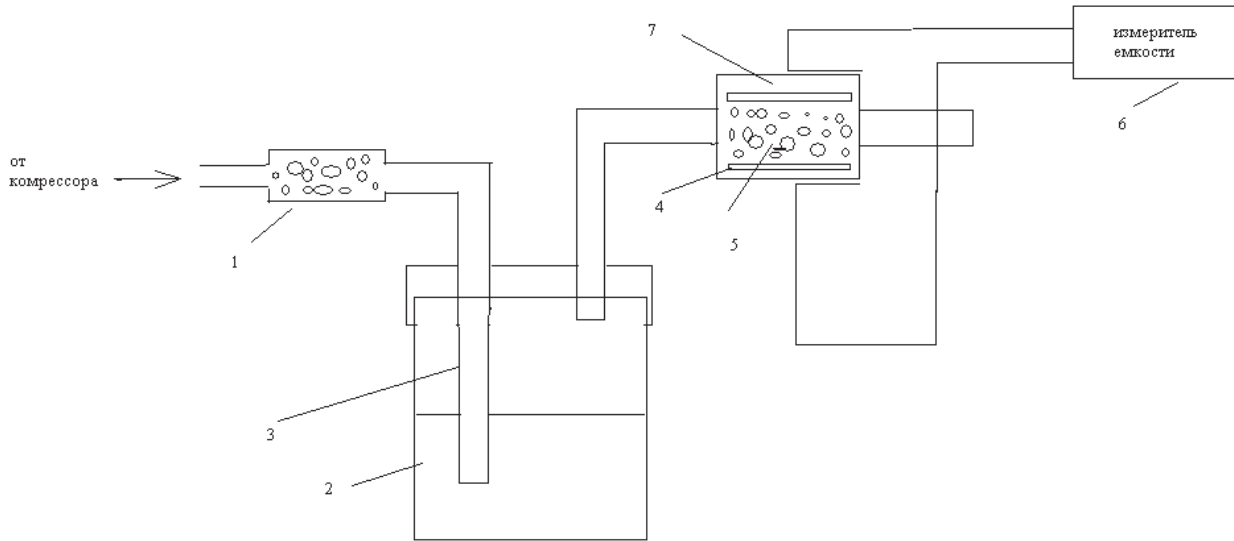


Рисунок 4 – Схема прибора для определения воды в нефтепродуктах

От компрессора через слой сорбента 1 в емкость с нефтепродуктом 2 по трубке 3 подается воздух. Для удаления влаги, содержащейся в воздухе, применяют емкость с сорбентом 1. Барботируясь через слой нефтепродукта, воздух насыщается парами воды, содержащейся в нефтепродукте. Увлажненный воздух попадает в измерительную ячейку 7. В измерительной ячейке находятся пластины конденсатора 4 с помещенным внутри нее сорбентом 5. Увлажненный воздух проходит через слой сорбента 5 и влага осажается в сорбенте. При увлажнении сорбента изменяется емкость конденсатора 8, что фиксируется измерителем емкости 6.

Прибор работает в циклическом режиме. После проведения цикла измерения для удаления паров влаги сорбент осушается сухим горячим воздухом. Сушка сорбента контролируется по изменению емкости, которая должна вернуться к первоначальному значению. Для выбора оптимальных значений размеров ячейки были проведены предварительные эксперименты по определению времени экстракции воды из нефтепродукта и при осушении сорбента. Эксперименты были проведены на двух видах сорбентов: окиси алюминия и поверхностно активных веществах. Результаты экспериментов представлены на рисунках 5 и 6.

Результаты экспериментов с окисью алюминия приведены на рисунках 7 и 8.

Из представленных данных видно, что при увлажнении сорбента влагой, содержащейся в нефтепродукте, меняется электрическая емкость измерительной ячейки, которая может

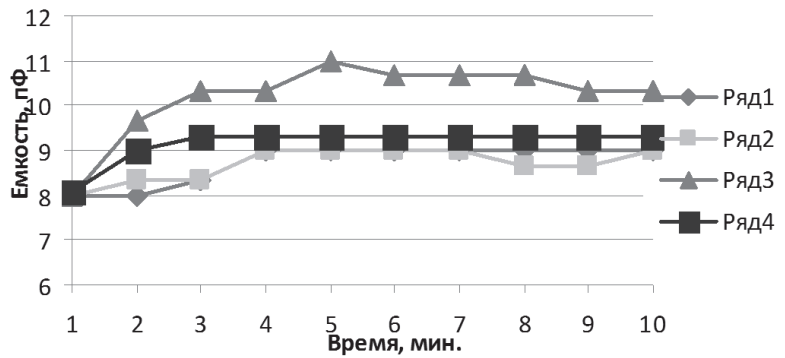


Рисунок 5 – Изменение емкости при увлажнении ПАВ массой 0,1 г. Содержание воды: 1-0,036 г; 2-0,072 г; 3-0,108 г; 4-0,18 г

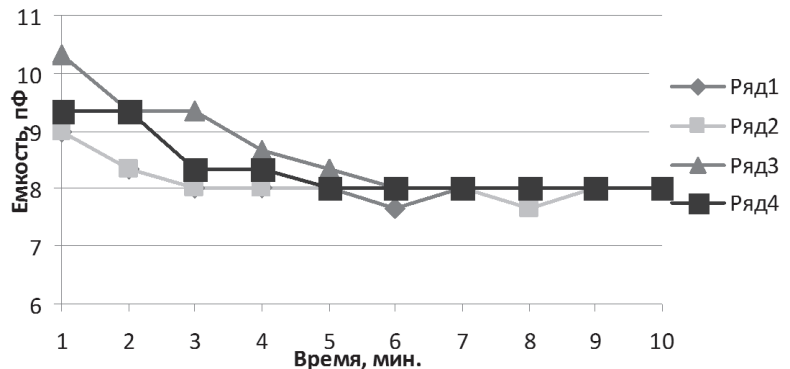


Рисунок 6 – Изменение емкости при осушении ПАВ массой 0,1 г. Содержание воды: 1-0,036 г; 2-0,072 г; 3-0,108 г; 4-0,18 г

быть использована в качестве измеряемого параметра для определения содержания воды в нефтепродукте.

После проведения цикла измерения сорбент осушался сухим горячим воздухом. Из данных рисунков 6 и 8 видно, что процесс увлажнения является обратимым, так как значение емкости возвращается к своему первоначальному значению.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что существующий анализатор содержания воды в нефтепродуктах СИМ-4 требует существенной модернизации вследствие наличия погрешности за счет растворенной воды и воды, содержащейся в свободном состоянии.

Предложен метод определения содержания воды, основанный на определении емкости измерительной ячейки с сорбентом, при поглощении воды, содержащейся в нефтепродукте. Исследование кинетики адсорбции подтвердили правильность выбранного метода и возможность создание на его основе прибора с необходимой точностью измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тарасов, В.В. Причины и пути обводнения смазочного масла, образования в нем загрязнений и влияние их на срок службы масла и надежность судовых дизелей / В.В.Тарасов // -Научн. тр. Дальрыбвтуза. -2010. -Т.22. -С. 27-29.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** нефтепродукты, содержание воды, прибор  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Шувалов Геннадий Владимирович, канд.техн.наук, директор, ФГУП «СНИИМ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630004, г.Новосибирск, пр.Димитрова, 4, ФГУП «СНИИМ»

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДКРЕПЛЕНИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.К. Арабьян, А.С. Авотин, З.Б. Батаева, В.И. Кузьмин

**IMPROVEMENT OF HULL REINFORCEMENT TECHNOLOGY**  
 Siberian state university of water transport  
 L.K. Arabyan, A.S. Avotin, Z.B. Bataeva, V.I. Kuzmin

In this paper modern methods of the hull repair were discussed. The drawbacks of these methods were mentioned. The improvements are proposed. It was noted, that careful cleaning of metallic parts is important to achieve good results. As a result of analysis of cleaning techniques the authors suggest to pay attention to the method of «thermals shock cleaning».

*Keywords: wear, adhesion, composite coatings, metal cleaning*

Проведен анализ существующих методов ремонта корпусных конструкций судна. Отмечены недостатки этих методов. Предложены направления решения недостатков. Отмечено, что для достижения хороших результатов необходима тщательная очистка металлоконструкций судна. В результате анализа существующих средств очистки, авторы предлагают обратить внимание на метод «термошоковой очистки».

В настоящее время значительное число судов, по техническому состоянию корпусных конструкций, достигло критического износа. Считается, что в среднем до 60% корпусов су-

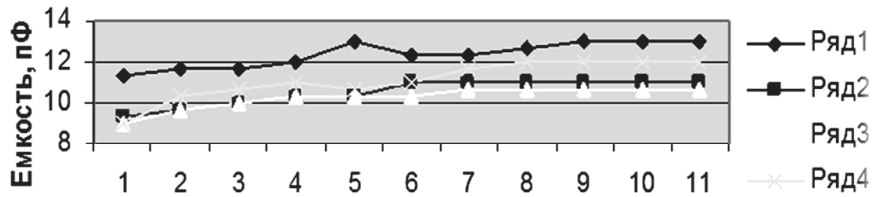


Рисунок 7 – Изменение емкости при увлажнении окиси алюминия, массой 0,1 г. Содержание воды: 1-0,036 г; 2-0,072 г; 3-0,108 г; 4-0,18 г

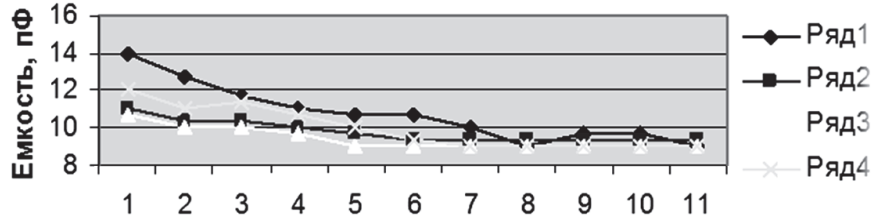


Рисунок 8 – Изменение емкости при осушении окиси алюминия, массой 0,1 г. Содержание воды: 1-0,036 г; 2-0,072 г; 3-0,108 г; 4-0,18 г



дов внутреннего плавания, особенно несамоходного, достигли предельного состояния, а строительство нового флота в современных экономических условиях нереально. Ремонт изношенных корпусов традиционными методами, заменой узлов, секций требует подъема корпусов в судоподъемное сооружение, что связано с большими затратами средств и времени. Предложенные ранее методы ремонта корпусных конструкций с применением композитов [1] не требуют подъема судов на судоподъемные сооружения и могут осуществляться с принятием специальных мер в акватории судоремонтных предприятий в любое время года. В то же время, существенным сдерживающим фактором широкого распространения этих методов является необходимость тщательной зачистки конструкций перед нанесением композиционных составов на ремонтируемые поверхности, так как от состояния качества очистки поверхности зависит качество ремонта.

В работе [1] приводятся результаты теоретическо-экспериментальных исследований по подкреплению днищевых перекрытий барж пр.942 Томской судовой компании. Авторы [1] предлагают подкреплять днищевые перекрытия заливкой армоцементом приварной арматуры и укрепление этой конструкции мелкоячеистой сеткой. Проведенные исследования дали хорошие результаты. Несмотря на положительные результаты многолетней эксплуатации подкрепленных судов, данная технология имеет ряд недостатков, прежде всего трудоемкость и металлоемкость этого варианта. Лабораторные испытания на изгиб пластин с армоцементным слоем в растянутой зоне приводят к незначительным отслаиваниям от металлической пластины (при превышении в пластине предела текучести на 20-15%).

Вышеуказанные недостатки предполагается решать в следующих направлениях:

- применение современного материала фибробетона, вместо армоцемента. Это позволит увеличить общую нагрузку, по сравнению с армоцементом или ячеистым цементом, на 25-30%. Фибробетон позволяет повысить общую и вибрационную прочность за счет введения в состав стальных или полимерных фибр (игл);

- для увеличения адгезии композитного слоя необходимо обеспечить чистоту поверхности подкрепляемых конструкций. Одним из вариантов обеспечения адгезии является применение современных клеевых композиций. Например, адгезив ЭПО1 – низковязкий двухкомпонентный эпоксидный строительный клей. Материал отверждается при низких температурах и в условиях высокой влажности, имеет хорошую адгезию к влажным основаниям, возможно склеивание со старыми бетонными и металлическими конструкциями, адгезия даже к минеральным основаниям не менее 2,5 Н/мм<sup>2</sup>, расход 100-300 г/м<sup>2</sup>;

- сцепление подкрепляющих компонентов с перекрытием корпусных конструкций возможно с помощью «шпилек отрыва-сдвига» [2]. При использовании «шпилек отрыва-сдвига», промежуточного слоя наполнителя и накладного листа создается трехслойная конструкция, обеспечивающая компенсацию потерянной прочности подкрепляемой конструкции. В качестве наполнителя используются бетоны или полимеры. По рекомендации авторов элементы подкреплений этого типа предусматривают следующие размеры: расстояние между шпильками вдоль судна  $0,5S$ , где  $S$  - толщина шпация, мм; расстояние между шпильками в поперечном направлении  $b = 50S_n$ , где  $S_n$  - толщина накладного листа, мм, обычно равна ремонтуемому настилу. Диаметр шпилек  $d$ , мм, определяется по формуле

$$d = 1,45 \sqrt{\frac{(S_n + S_n) C b}{2 L}}$$

где  $S_n$  – толщина, ремонтируемого полотнища, мм;

$S_n$  – толщина накладного листа, мм;

$C, b$  – расстояния между шпильками, мм;

$L$  – длина ремонтируемого перекрытия, мм.

Например, для перекрытия толщиной  $S_n = 5$  мм и длиной ремонтируемого участка около 5 м диаметр шпилек составит около 11 мм. То есть, этот метод подкреплений является весьма трудоемким. Вторым отрицательным фактором является значительное увеличение массы ремонтируемого участка до 1,5 раз. Это требует дополнительных расчетов, помимо расчетов прочности, расчетов остойчивости при ремонте палуб и надстроек.

Основным фактором, сдерживающим внедрение композитного метода, является отсутствие эффективных методов очистки ремонтируемых участков внутри корпуса судна. Качество очистки непосредственно сказывается на уровне адгезии компонентов композитных элементов подкреплений. Качество очистки поверхности судовых конструкций должно соот-



ветствовать требованиям ГОСТ 9.402-80. Поверхности перед ремонтом композитным методом должны быть очищены от загрязнений, старой краски, ржавчины и окалины. Громадные площади внутренних поверхностей корпусов судов и сложные поверхности конструкций корпуса, включающие в себя холостой, рамный набор, плоские и криволинейные листовые конструкции, множество сварных швов требуют применения механизированных и новых методов очистки конструкций.

В судостроении и судоремонте согласно ОСТ 5.9829-81 существуют «степени тщательности очистки поверхностей». Для обеспечения качественной адгезии покрытий, в том числе лакокрасочных, необходимо обеспечить вторую или третью степени очистки согласно приведенных ОСТ 5.9829-81. Признаком полной очистки углеродистой судостроительной стали от окалины и ржавчины является покраснение очищенной поверхности при протирки ее 10-15% медным купоросом.

Из средств механизации для очистки внутренних поверхностей корпусов можно рекомендовать:

- беспыльный ручной пескоструйный аппарат БПА-1, производительностью 2 м<sup>2</sup>/ч, масса 3 кг;
- аппарат дробеструйный «Каскад», производительностью 3,5 м<sup>2</sup>/ч, габариты 570×790×1250 мм, масса 135 кг.

Кроме того, существует множество механических щеточных агрегатов для очистки внутренних поверхностей корпусов. Недостатком этих агрегатов является очень низкая производительность, а более производительные агрегаты, например, типа «Каскад», требуют, как правило, организации специальных технологических вырезов для доставки их в корпус.

Приведенный анализ методов и средств осуществления очистки конструкций внутри судна показывает неэффективность существующих средств и методов подготовки поверхности под нанесение композитных покрытий. То есть, нужны новые принципы и средства очистки поверхностей металлоконструкций. Из последних прогрессивных методов очистки следует отметить «термошоковую очистку», принцип которой заключается в высокотемпературном нагреве загрязненной поверхности и резком охлаждении, например струей «сухого льда», струей резко охлажденного углекислого газа.

Таким образом, на наш взгляд рассмотренные мероприятия позволят повысить эффективность ремонта корпусов судов композитным методом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Арабьян, Л.К. О перспективе применения композитов в подкреплении судовых конструкций/ Л.К. Арабьян, А.Ю. Кононенко // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№1. -С. 182-184.
- 2 Телянер, Б.Е. Технология ремонта корпуса судна / Б.Е. Телянер, Г.П. Турмов. –Л.: Судостроение, 1984. -288 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** износ, адгезия, композитные покрытия, очистка металлоконструкций  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Арабьян Левон Каралетович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Авотин Алексей Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Батаева Зинаида Борисовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Кузьмин Виктор Иванович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСОВ СУДОВ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Л.К. Арабьян, А.С. Авотин, З.Б. Батаева, В.И. Кузьмин**

**AN EFFICIENT METHOD OF HULLS CLEANING**  
Siberian state university of water transport  
L.K. Arabyan, A.S. Avotin, Z.B. Bataeva, V.I. Kuzmin

The «thermalshock cleaning» technique for the hull cleaning using «dry ice» is discussed. The technique was estimated using coefficient of thermal «stress». In order to increase the effectiveness of the technique the plasma torch should be use as a heating source.

*Keywords: adhesion, metal cleaning, «dry ice», «thermalshock cleaning», plasma torch*

Рассмотрен метод «термошоковой очистки» корпусных конструкций с применением «сухого льда». Объективная оценка метода определяется с помощью коэффициента термического «стресса». Для повышения эффективности метода предлагается в качестве источника нагрева металлоконструкций использовать плазматрон.

Для обеспечения хорошей адгезии упрочняющих составляющих с судовыми конструкциями необходимо осуществить качественную очистку этих конструкций. Качество очистки определяется по ОСТ 5.9829-81 и должно быть не менее второй степени очистки. Применение существующих средств механизации очистки, особенно внутри корпуса, не эффективны. Учитывая это, заслуживает внимания метод «термошоковой очистки». Суть которой состоит в интенсивном нагреве очищаемой поверхности, резком охлаждении и доочистки с помощью струи гранул «сухого льда» (струи резко охлажденного углекислого газа). Очистку одним «сухим льдом» впервые применили американцы в 1943 году на заводе Перл Харборд для очистки внутренних отсеков подводных лодок. В результате этого метода отсутствует необходимость удалять отработанный абразив. Следует отметить, что недостатком метода является низкая производительность, по сравнению с абразивными методами. Эффект очистки с помощью «сухого льда» состоит в том, что очищаемая конструкция обстреливается воздушно-ледяным потоком разной плотности и скорости.

В результате воздействия потока, во-первых, возникает «динамический клин» на границе раздела загрязненного слоя и металлической поверхности; во-вторых, происходит динамическое воздействие потока на приподнятый объем загрязненного материала «динамическим клином»; в третьих, эффект «термостресса», который базируется на разности температур конструкции до очистки «сухим льдом» и во время воздействия потока.

В работах Ларина Р.Н. [1, 2] разработаны принципиальные подходы к расчетам режимов очистки загрязненных поверхностей судовых конструкций «сухим льдом». Для интенсификации процесса, в исследованиях Ларина Р.Н. использовалась подача горячего воздуха или пара, а так же абразива. В своих работах Ларин Р.Н. сделал отступление от основной идеи очистки с помощью «сухого льда» – это отсутствие отработанного абразива. Эффективность очистки «сухим льдом» достигается, в основном, за счет термического шока, то есть за счет разности коэффициентов линейного температурного расширения загрязняющих поверхностей и металлических судовых конструкций. Объективная оценка этого эффекта может быть определена с помощью коэффициента термического «стресса» –  $\sigma_y$ , по формуле

$$\sigma_y = \frac{\Delta T E \alpha}{(1 - \varphi)}, \quad (1)$$

где  $\Delta T$  – разность температур в результате температурных воздействий на очищаемый объект, °С;

$E$  – модуль упругости, МПа;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения, 1/град;

$\varphi$  – коэффициент Пуассона.

Например, для конструкций из стали Ст.3 коэффициент термического «стресса» соответствует

$$\sigma_y = \frac{(30 \cdot 10^6)(5 \cdot 10^{-6}) \Delta T}{(1 - 0,33)}; \quad (2)$$

$$\sigma_y = 224 \Delta T. \quad (3)$$

Для технологических параметров предлагаемых Лариным Р.Н.  $\Delta T$  составляет 100-120 °С, таким образом, коэффициент «стресса» представляет величину порядка 22000-26000. Очевидно чем больше разность температур, воздействующих на объект очистки, тем больше эффект. Авторы предлагают для повышения эффекта использовать нагрев конструкции с помощью плазматрона.

Плазматрон разработан сотрудником Сибирского государственного университета водного транспорта, к.т.н. Кузьминым В.И. Плазматрон работает на воздухе, развивает номинальную мощность 50 кВт и имеет уникальные параметры: скорость истечения плазменной струи примерно 2000 м/с, температуру на срезе сопла 7000 К, расстояние от среза сопла до обрабатываемой поверхности 50-100 мм. За счет динамики струи и повышения коэффициента стресса этот способ нагрева позволяет увеличить производительность очистки в несколько тысяч раз и, кроме того, повысить качество очистки в несколько раз по сравнению с существующими методами. На рисунке показан момент очистки участка судовой обшивки с помощью предлагаемого метода. В качестве образца использовалась пластина судовой обшивки. На основании экспериментальных данных была рассчитана производительность

процесса очистки, которая составила 55 м<sup>2</sup>/ч.

Плазменно-ледовая очистка (ПЛО) легко достигает коэффициента термического стресса  $\sigma_y = (700-800)10^3$  и, как было отмечено выше, повышает производительность процесса по сравнению с существующими методами.

Разработанная в Сибирском государственном университете водного транспорта плазменная установка, включает в себя: плазмотрон, источник питания, компрессор, пульт регулирования, дозаторы. Установка универсальна и может использоваться для напыления различных деталей и конструкций.

Что касается производства и нанесения гранул «сухого льда», в России имеются фирмы, поставляющие установки для производства гранул «сухого льда» различного диаметра от 1,7-16 мм, производительностью от 25 кг/ч (Пеллетайзер А25Р) до 500 кг/ч (Пеллетайзер С500РХ) и устройства для нанесения ледяного потока – бластеры (струйные аппараты).

Приведенные данные показывают, что обозначенное направление весьма перспективно и, безусловно, требует дальнейших исследований.



Рисунок – Очистка участка судовой обшивки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ларин, Р.Н. Метод струйной очистки судовых металлоконструкций с помощью сухого льда / Р.Н. Ларин // Судостроение. -2010. -№1. -С. 55-58.

2 Ларин, Р.Н. Технологические особенности струйной очистки судовых металлоконструкций с помощью сухого льда/ Р.Н. Ларин // Журнал университета водных коммуникаций. Выпуск IV(XVII) -СПГУВК. -2012. С.73-78.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** адгезия, очистка металлоконструкций, «сухой лед», «термошоковая очистка», плазмотрон

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Арабьян Левон Каралетович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Авотин Алексей Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Батаева Зинаида Борисовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Кузьмин Виктор Иванович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

## ПАРОВЫЕ АЭРОСТАТЫ КАК ЭКОЛОГИЧНЫЙ ВИД ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ, ЛЕСОЗАГОТОВОК И СПОРТИВНОГО ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

ООО «КУРС»

А.С. Байбиков

STEAM BALLOONS AS A ECOLOGICAL KIND OF A TRUCK TRANSPORT, TIMBER CUTTINGS AND SPORTS AERONAUTICS  
KURS

A.S. Baybikov

The moderne thermal isolation allow to design ecology transport for development of remote region and timber cuttings, loading cranes for the non-equipped moorings - steam aerostats. Such versions, as thermal air balloons with injection of water and tethered balloons with electric warmer are considered also. Steam balloons also can be applied in tourist and exhibition business, in building and military science, aeronautics and other purposes.

Keywords: transport aerostat, thermal isolation, steam, sports balloons, electric warmer, ecology

Последние достижения в разработке теплоизоляций позволяют конструировать экологический транспорт для освоения труднодоступных районов и лесозаготовок, погрузочных кранов для необорудованных причалов – паровые аэростаты. Рассматриваются также такие разновидности, как тепловые воздушные аэростаты с впрыском воды и привязные аэростаты с электрическим подогревом. Паровые аэростаты могут также применяться в туристическом и выставочном бизнесе, в строительном и военном деле, в спортивном воздухоплавании и других целях.

Для эффективного освоения труднодоступных частей Сибири и Дальнего Востока необходим дешевый транспорт большой грузоподъемности. Доставка самолетами и постройка

аэродромов связана с очень большими затратами. Ещё более дорог и ограничен по весу груза вертолетный транспорт. Прокладка и эксплуатация качественных многокилометровых дорог в условиях вечной мерзлоты и болот почти неподъёмна для любого бюджета. Кроме того, как аэродромы, так и дороги существенно нарушают экологическое состояние районов, в особенности хрупкого биоценоза тундры. Поэтому там основные виды грузового транспорта - это сезонные летний водный и зимний автомобильный, что явно недостаточно для устойчивого планомерного развития. В этих условиях перспективным является использование грузовых аэростатов. Безусловно, эксплуатация их также ограничена погодными условиями – сильным ветром у земли. Однако количество дней в году с допустимыми ветрами существенно превышает продолжительность сезонов. Аэростаты наиболее экологичны, так как причальные сооружения занимают незначительную площадь по сравнению с территориями, отчуждаемыми под аэродромы и дороги, относительно недорого как по стоимости причальных сооружений, так и в эксплуатации, не связаны с необходимостью расположения около водных путей, не ограничены по грузоподъёмности. Мобильные аэростаты-краны также могут использоваться при погрузках с необорудованных водных причалов. Аэростаты также необходимы для экологических лесоразработок, в особенности в труднодоступных и горных районах [1]. При этом не повреждаются подрост и почвенный покров, отпадает необходимость в лесовозных дорогах, мостах, погрузочных сооружениях.

Наибольшие затраты в аэростатном транспорте определяются конструкцией больших размеров и очень дорогим и ограниченным по ресурсам гелием. К тому же вследствие высокой проникающей способности гелий должен регулярно пополняться. Также недопустим сброс гелия для быстрого снижения подъёмной силы (дешевый водород как взрывоопасный газ вообще не рассматривается). В качестве подъёмного газа аэростатов может также использоваться экологичный дешевый водяной пар [2]. Известно что, наблюдая за облаками, первую попытку братья Монгольфье сделали, наполнив шар водяным паром. Конечно, шар не поднялся вследствие быстрой конденсации пара. Только после этого они наполнили шар теплым воздухом с примесью водяного пара от сгоревшей влажной соломы. Подъёмная сила водяного пара при температуре 110°C лишь в полтора раза меньше, чем гелия.

Однако только последние достижения в разработке теплоизоляции позволяют поддерживать такую температуру без больших энергетических затрат. Относительная теплоотдача уменьшается с увеличением размеров аэростатов, так как теплопередающая поверхность увеличивается пропорционально квадрату размеров, а объем подъёмного газа пропорционален кубу размеров. Поэтому использование пара особенно выгодно в больших и сверхбольших аэростатах.

Использование пара также эффективно в спортивных тепловых аэростатах для увеличения длительности и дальности полетов [11]. Следует отметить, что подъёмная сила теплого воздуха при температуре 110 °C в 3,5 раза меньше, чем гелия.

*Виды теплоизоляций аэростатов.* Известны следующие виды теплоизоляций, которые могут использоваться в аэростатах.

Аэростаты с двойной оболочкой снижают теплоотдачу (вдвое и более) за счет воздушного промежутка между оболочками. В ряде случаев для использования солнечного излучения наружную оболочку выполняют прозрачной, а внутреннюю черной [3, 4]. Недостатками такой изоляции являются существенное увеличение веса, трудность сохранения малого воздушного промежутка, недостаточное снижение теплового потока.

Лучшая изоляция, включающая ультралегкие мембраны, разделенные минимальной воздушной прослойкой, была разработана фирмой Festo [5]. В результате испытаний в тепловом аэростате объемом 3000 м<sup>3</sup> с толщиной изоляции 6 мм и общим весом оболочки 158 кг были определены теплопроводность 0,0265 Вт/(м·°C), плотность 45 кг/м<sup>3</sup> при максимальной температуре внутри оболочки 140 °C.

В настоящее время более эффективная теплоизоляция на основе вакуумированных полых микросфер, объединенных полимерной связующей, производится большим количеством фирм. Коэффициент теплопроводности такой «жидкой» изоляции наносимой на поверхности так же просто, как краска, достигает 0,001-0,003 Вт/(м·°C) [6, 7]. Однако материал микросфер, чаще всего стекло или керамика совместно с акриловой связующей, повышает среднюю плотность изоляции до 400-600 кг/м<sup>3</sup>. Для более плотной упаковки и уменьшение тепловых мостиков из полимерной связующей целесообразно использовать смесь микросфер нескольких диаметров с оптимальным соотношением между разными фракциями. Так как микросферы занимают до 80% объема, при замене стекла на 2,5 раза более легкий по-

лимер (например, [8, 9]), предлагаемый некоторыми фирмами, существенно снижается плотность изоляции (до 100-300 кг/м<sup>3</sup>) и становится возможным использование её в тепловых аэростатах.

Еще более легкая теплоизоляция разработана для космической техники. В аэрогелях, разработанных в США фирмой Aspen Aerogels, Inc [10], твердое вещество в виде скрученного тонкого волокна занимает только 0,2% объёма. Соответственно плотность изоляции 160-200 кг/м<sup>3</sup>. и теплопроводность 0,0182 Вт/(м °С) (несколько меньше теплопроводности воздуха, занимающего основную часть объёма). Такая изоляция выдерживает температуру до 600 °С. Дальнейшее снижение теплопроводности аэрогелей возможно за счет герметизирующих пленок, позволяющих поддерживать вакуум внутри материала, и использования более легких структурных материалов.

Улучшение изоляции позволяет конструировать реальные тепловые паровые аэростаты. Безусловно, для поддержания температуры пара можно использовать выхлопные газы двигателей привода винтов и специальные форсунки. В отличие от гелиевых аэростатов, преимуществами паровых аэростатов являются возможность быстрого уменьшения подъёмной силы при впрыске холодной воды и конденсации пара или сброса части дешевого пара и увеличения её при повышении температуры и количества пара. Это очень ценное свойство в критических ситуациях, при погрузочно-разгрузочных работах и существенно увеличивает безопасность полетов. Возможна наземная стоянка аэростатов в сдутом состоянии при сильном ветре и длительной стоянке, что облегчает эксплуатацию.

*Тепловой аэростат с впрыском воды* (рисунок 1). В качестве переходной конструкции в воздушном тепловом аэростате с изоляцией можно дополнительно впрыскивать в факел воду [12].

Для этого около нижнего входного отверстия 1 оболочки 2 аэростата, помимо газовой форсунки 3 для сжигания газа и подогрева воздуха, поступающего в оболочку, в области пламени устанавливается водяная форсунка 6, в которую через кран 7 поступает вода из нижней части ёмкости 8, установленной в гондоле. Сжатый горючий газ из баллона 5 через понижающий редуктор 4 поступает в газовую форсунку и одновременно вытесняет воду из емкости. Смесь подогретого воздуха и испарившейся воды наполняет оболочку, создавая подъёмную силу. Оболочка 2 изнутри покрыта слоем супергидрофобного материала, препятствующего утяжелению оболочки из-за прилипания воды [13]. Конденсирующийся при охлаждении внутри неё пар в виде капель на её поверхности скатывается к нижнему входному отверстию. Оно ограничено водосборником 10, имеющим форму, близкую к полному тору, разрезанному диаметральной плоскостью, с удаленной верхней частью. Из водосборника вода периодически стекает через обратный клапан 11 в водяную ёмкость 8. Таким образом, осуществляется циркуляция ограниченного количества воды практически без потерь, так как пар как более легкий, чем воздух скапливается в верхней части оболочки. Вода при испарении также снижает температуру смеси до допустимой для материала оболочки.

Хотя современные полиэфирные (лавсановые) аэроткани основной части оболочки допускают температуры до 150 °С, во избежание их быстрого старения реально средняя температура газа внутри оболочки не должна превышать 100-110 °С. При такой температуре

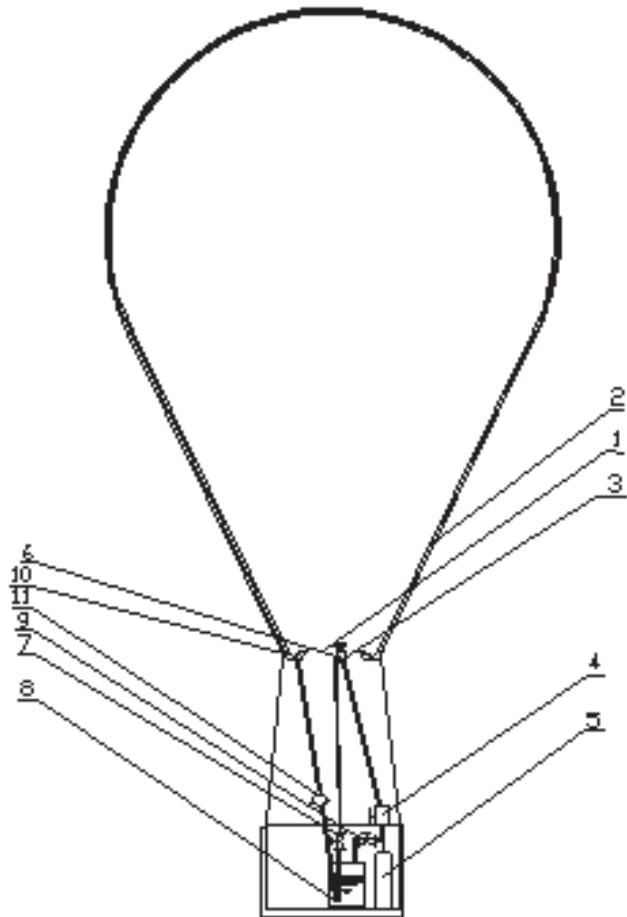


Рисунок 1 – Тепловой паровоздушный аэростат



плотность воздуха равна  $0,946 \text{ кг/м}^3$ , а плотность смеси 20% воздуха и 80% водяного пара около  $0,667 \text{ кг/м}^3$ . Если учесть, что плотность наружного воздуха при температуре  $20^\circ \text{C}$  равна  $1,204 \text{ кг/м}^3$ , то подъемная сила парового аэростата при равном объеме примерно в 3 раза больше теплового воздушного. Соответственно при равной грузоподъемности может быть уменьшен объем его и запас горючего для нагрева газа или длительность и высота полета. Так как парообразование в факеле происходит за малый отрезок времени, то в критических случаях возможны быстрые увеличение подъемной силы и набор высоты при повышении содержания пара в подъемном газе, что невозможно в воздушных аэростатах. Для быстрого снижения не дорог также сброс части пара или впрыск холодной воды для быстрой конденсации пара. Это увеличивает управляемость аэростата. Исключен также перегрев оболочки солнечной радиацией, что увеличивает ресурс оболочки.

В паровом аэростате можно использовать, кроме горелок, также тепло выхлопных газов двигателей, обеспечивающих передвижение его, ретрансляцию с поверхности земли лучистой и электромагнитной энергии. Следует обратить внимание на необходимость достаточно мощного наземного парогенератора, необходимого для начальной заправки аэростата паром, так как на парообразование воды идет основная часть энергии.

*Электрический тепловой аэростат* (рисунок 2). С высококачественной теплоизоляцией стали возможными тепловые паровые электрические привязные аэростаты [14] вместо наполняемых весьма дорогим гелием.

При этом для испарения конденсирующегося внутри оболочки водяного пара используется электрический нагреватель, получающий энергию по кабелю с наземной установки, значительно более легкий, чем форсуночная система с блоком топливных баллонов. В таком аэростате около нижней точки оболочки 1 парового аэростата под уровнем воды 2 установлен залитый водой трубчатый электронагреватель (ТЭН) 3 для нагревания и испарения её. Огибающая граничная поверхность 4 нижней части его эквидистантна поверхности оболочки 1. Верхняя часть его ограничена прикрепленной к ТЭНу горизонтальной теплопроводящей пластины 5. ТЭН соединен с наземным источником тока (не показан на рисунке 2) кабелем 6, образующим единое целое с основной частью троса 7, привязывающего аэростат к земле. Часть 8 оболочки около ТЭНа выполнена из жароупорного материала. К этой части прикреплены штуцер 9 заправки водой и паром с обратным клапаном, уплотнение-опора 10 выхода ТЭНа, штанга 11 с датчиком 12 температуры, концевыми датчиками верхнего 13 и нижнего 14 уровня. Провода от датчиков прикреплены к основной части кабеля 6 и присоединены к наземному регулятору включения и выключения ТЭНа (не показан на рисунке 2). Оболочка 1 снаружи покрыта слоем теплоизоляции, а изнутри супергидрофобным покрытием. Тросовая обвязка 15 аэростата прикреплена к крюку 16 для подвески груза. Выше пластины 5 в оболочку встроен клапан сброса 17 газа и жидкости.

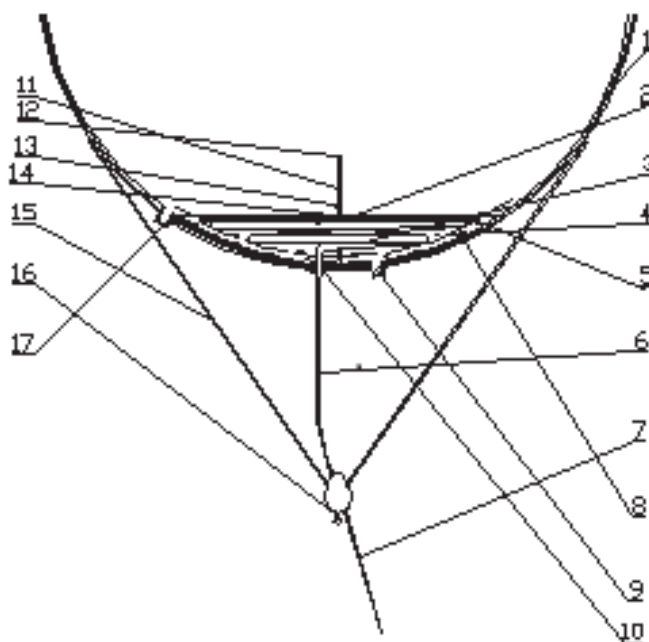


Рисунок 2 – Электрический паровой аэростат

Эксплуатация аэростата происходит следующим образом. Начальное заполнение водой (до уровня несколько выше пластины 5) и паром аэростата производится наземным парогенератором через штуцер 9 с обратным клапаном. При достижении уровня воды выше пластины 5 по сигналу верхнего датчика 13 включается ТЭН 3. После прогрева оболочки 1 и заполнения её паром наземный парогенератор отключается. Наполненный паром аэростат готов к подъёму. В дальнейшем производится периодическое включение ТЭНа для испарения воды и компенсации сконденсированного (вследствие теплоотдачи через оболочку 1) пара. В летном режиме аэростата нижний концевой датчик 14 отключает ТЭН во избежание его перегрева. Управление подъемной силой производится изменениями периода включения



ТЭНа и температуры внутри оболочки, регистрируемой датчиком температуры 12. Поддержание внутренней температуры, измеряемой датчиками температуры 12 и уровня воды между концевыми датчиками 13 и 14, обеспечивается наземным регулятором, получающим по проводам сигналы от датчиков и соответственно включающим или выключающим питание ТЭНа. Этим обеспечивается необходимое количество пара внутри оболочки и постоянное погружение ТЭНа в воду, обеспечивающее минимальный размер его вследствие хорошей теплоотдачи с водой и предотвращающее его перегрев. Форма его обеспечивает минимальный занимаемый объем внутри оболочки, а следовательно, минимально необходимое количество воды (паразитный вес). Кроме того, форма его определяет минимальную часть оболочки, которую необходимо сделать из более тяжелого жаростойкого материала. Горизонтальная верхняя пластина 5 из теплопроводного материала выравнивает температуру частей ТЭНа при случайном частичном выходе его из воды. Неограниченность (по времени) энергии, передаваемой с земли, постоянный вес и легкость регулирования передатчика энергии (нагревателя) фактически не ограничивают время нахождения аэростата в воздухе, обеспечивают надежность работы и независимость от ветра, позволяют легко управлять подъемной силой, быстротой развертывания в рабочее состояние оболочки и сворачивания в транспортное состояние. Он экономичен в эксплуатации вследствие использования дешевого подъемного газа.

Такой привязной аэростат с электрическим подогревом пара экономичнее применять вместо аэростатов, наполненных очень дорогим гелием, в рекламных и выставочных целях, для местного подъема тяжестей на большую высоту, в особенности при отсутствии подъездных путей, для трелевки леса без нанесения экологического вреда подлеску, в временных высотных пунктах наблюдения и радиолокационного обзора, для ретрансляции сигналов, защиты значительной площади от удара молний и освещения поднятыми прожекторами больших участков земли, в особенности во время полярной ночи. Они могут использоваться в составе возобновляемых источников энергии, получаемой из облаков [15].

Использование электрического способа нагрева позволяет наиболее точно и быстро изменять подъемную силу и легко поддается автоматизации при подъемах и перегрузочных работах. Конечно, использование их на порядок дешевле, чем при применении вертолетов с большой грузоподъемностью, более безопасно и не требует летного персонала с исключительно высокой квалификацией. Исключаются тяжелая форсуночная и баллонная системы тепловых аэростатов с существенными ограничениями по времени работы. Надо отметить, что использование электрических нагревателей в тепловых воздушных аэростатах существенно снижало бы полезную подъемную силу, так как коэффициент теплоотдачи с воздухом на два порядка меньше коэффициента теплоотдачи с кипящей водой и соответственно во много раз увеличиваются необходимые теплообменные поверхности и вес нагревателя. Поэтому применять стандартные электрические нагреватели в воздушных аэростатах нецелесообразно. Передача электроэнергии высокого напряжения от наземного генератора к аэростату несколько утяжеляет привязной трос. Однако обеспечивается неограниченность времени нахождения аэростата в воздухе. Принципиально возможна беспроводная передача энергии к нагревателю от наземного энергоисточника через высотный ретранслятор, что позволило бы использовать такие нагреватели и в свободно перемещающихся аэростатах. Однако современное состояние техники не в состоянии это сделать достаточно эффективно.

**Заключение.** Современное развитие легких теплоизоляционных материалов позволяет перейти к разработке аэростатов с дешевым водяным паром в качестве подъемного газа. Вода с быстрым фазовым переходом и изменением плотности удобна для эффективного управления аэростатической подъемной силой. Возможно удобное хранение таких аэростатов в сдутом состоянии при плохой летной погоде. Такие аэростаты весьма нужны для освоения и промышленного развития труднодоступных районов Сибири и Дальнего Востока без экологических нарушений, спортивных и других целей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абузов, А. Целесообразность применения аэростатов на лесозаготовках / А. Абузов // -Воздухоплаватель. -2000. -№3. -С. 15-16.
- 2 Goodey T.J. Steam LTA-past, present, and future. <http://www.flyingkettle.com/secrun.htm>, 1985.
- 3 Коровин, С.В. Солнечные паротурбинные электростанции на аэростатах / С.В. Коровин // -Промышленные ведомости, 11-12 дек. 2006.
- 4 Пат. RU2184322C2, F24J2/44, F03G6/00. Солнечная энергетическая установка / С.В. Коровин. опубл. 27.12.2000.
- 5 Теплоизоляция Festo. -Режим доступа: [www.festo.com/cms/en\\_corp/13703.htm](http://www.festo.com/cms/en_corp/13703.htm).

6 Жидкая сверхтонкая теплоизоляция КОРУНД. –Режим доступа: <http://www.nano34.ru>.  
 7 Жидкая сверхтонкая теплоизоляция Альфатек. –Режим доступа: <http://www.alfatec.ru>.  
 8 Сверхтонкая теплоизоляция Mascoat. –Режим доступа: <http://www.inkomtehsnab.ru>.  
 9 Микросферы AkzoNobel. –Режим доступа: <http://www.akzonobel.com>.  
 10 Aspen Aerogels. –Режим доступа: <http://www.aerogel.com>.  
 11 Virgin Balloon Flights pilot Mark Shemilt, <http://virginballoonflight.co.uk/ballooning-history.asp>, 23 Oct. 2013.  
 12 Пат. RU 2453470. МПК В64В. 1/40. 1/62. Тепловой аэростат / А.С. Байбиков. опубл. 07.04.11.  
 13 Бойкович, А.Б. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение / А.Б. Бойкович, А.Н. Емельяненко // Успехи химии, -Т.77, -№7, -2008, -С. 619-638.  
 14 Пат. RU 2508227С1, МПК В64В1/40,1/62. Электрический паровой аэростат / А.С. Байбиков. –опубл. 15.01.13.  
 15 Байбиков, А.С. Способ и устройство возобновляемого получения электроэнергии и чистой воды, патент RU 2407914 С1, МПК F03В 13/00, , приоритет 18.09.2009.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *грузовой аэростат, теплоизоляция, паровоздушная смесь, спортивный шар, электронагреватель, экология*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Байбиков Александр Сергеевич, докт. техн. наук, ведущий специалист ООО КУРС*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *123060, г.Москва, ул.Расплетина, 19-2-91, ООО КУРС*

## СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ЭКСТРЕМУМА ДЛЯ НЕКОТОРОГО КЛАССА ФУНКЦИЙ НА СТЫКЕ АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Г. Куделин, В.И. Фомин

### A WAY OF FINDING OF AN EXTREMUM FOR SOME CLASS OF FUNCNIONS ON A JOINT OF ALGEBRA AND ANALYTICAL GEOMETRY

Siberian state university of water transport  
 O.G. Kudelin, V.I. Fomin

The way of finding of an extremum of function of one vari-able on a joint of two sciences, alge-bra and analytical geometry, is de-veloped.

*Keywords: extremum, some class of funcnions of one variable*

На стыке двух наук, алгебры и аналитической геометрии, раработан способ нахождения экстремума функции одной переменной.

На стыке двух наук алгебры и аналитической геометрии авторами в работах [1, 2] был разработан способ по нахождению экстремума функции одной переменной, содержащей выражение вида:

$$\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2},$$

где  $x_0, y_0$  – константы;  
 $x, y$  – переменные.

В данной статье предлагается применить этот способ для определения экстремума следующих функций

$$r(x) = x^2 - x(a_1 + a_2) + \sqrt{(x - a_1)^2 + d_1^2} \sqrt{(x - a_2)^2 + d_2^2};$$

$$r_1(x) = x^2 + K|x - px_{\min}| + \sqrt{(x - a_1)^2 + d_1^2} \sqrt{(x - a_2)^2 + d_2^2};$$

$$r_2(x) = x^2 + G(x - qx_{\min})^{2s} + \sqrt{(x - a_1)^2 + d_1^2} \sqrt{(x - a_2)^2 + d_2^2},$$

$$(a_i, d_i) \in R^2; \min(r_i(x)) = r_i(x_{\min})^2; i = 1, 2, (K, G) \in R; (p, q) \in R^2; s \in N,$$

где  $a_i, d_i, K, G, x_{\min}, s, p, q$  – константы.

**Пример 1.** Найти наименьшее значение функции

$$r(x) = x^2 - x + \sqrt{(x - 5)^2 + 9} \sqrt{(x + 4)^2 + 16}. \tag{1}$$

Легко заметить, что функция  $r(x)$  действительно имеет экстремум, причём минимум, так как выражения:  $x^2 - x; \sqrt{(x - 5)^2 + 9} \sqrt{(x + 4)^2 + 16}x^2$  – представляют собой параболы с ветвями, направленными вверх.

Запишем выражение (1) в следующем удобном для анализа виде

$$r(x) = x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \{a_1 = 5, a_2 = -4, a_1 + a_2 = 1\} = \\ = \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33.$$

Следовательно

$$r(x) = \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33. \quad (2)$$

Теперь, используя результат, полученный в работе [2] для функции (2). Он определял  $x_{\min} = 8/7$ , в связи с чем, тогда и будем иметь

$$\min r(x) = r(8/7) = 32.$$

**Пример 2.** Найти наименьшее значение функции

$$r_1(x) = x^2 + K|x - x_{\min}| + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16}; \min(r_1(x)) = r_1(x_{\min}), \forall K \in R. \quad (3)$$

Здесь, также как и в примере 1, усматривается экстремум функции  $r_1(x)$ , причём – это минимум. Запишем выражение (3) в следующем удобном для анализа виде, используя для этого следующие несложные преобразования

$$r_1(x) = x^2 + K|x - x_{\min}| + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ = x + K|x - x_{\min}| + x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ = x + K|x - x_{\min}| + r(x) = (x - x_{\min}) + x_{\min} + K|x - x_{\min}| + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33.$$

Следовательно

$$r_1(x) = (x - x_{\min}) + x_{\min} + K|x - x_{\min}| + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33. \quad (4)$$

Теперь, используя результат предыдущего примера 1, для функции (4), а, значит, и для функции (3) независимо от значения  $K$ , получаем ответ

$$\min r_1(x) = r_1(x_{\min}) = x_{\min} + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x_{\min} - 5)^2 + 9} + \sqrt{(x_{\min} + 4)^2 + 16} \right)^2 - 33 = \\ = \frac{8}{7} + \frac{1}{2} \left( \sqrt{\left(\frac{8}{7} - 5\right)^2 + 9} + \sqrt{\left(\frac{8}{7} + 4\right)^2 + 16} \right)^2 - 33 = \frac{232}{7} \approx 33,143.$$

**Пример 3.** Найти наименьшее значение функции

$$r_1(x) = x^2 + 2|x - 2x_{\min}| + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16}; \min(r_1(x)) = r_1(x_{\min}). \quad (5)$$

Здесь, также как и в примере (2), усматривается экстремум функции  $r_1(x)$ , причём – это минимум. Запишем выражение (5) в следующем удобном для анализа виде, используя для этого следующие несложные преобразования

$$r_1(x) = x^2 + 2|x - 2x_{\min}| + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ = x + 2|x - x_{\min} - x_{\min}| + x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9} \sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ = x + 2|x - x_{\min} - x_{\min}| + r(x) = (x - x_{\min}) + x_{\min} + 2|(x - x_{\min}) - x_{\min}| + \\ + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33.$$

Следовательно

$$r_1(x) = (x - x_{\min}) + x_{\min} + 2|(x - x_{\min}) - x_{\min}| + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16} \right)^2 - 33. \quad (6)$$

Теперь, используя результат примера 1, для функции (6), а, значит, и для функции (5), получаем ответ

$$\min r_1(x) = r_1(x_{\min}) = 3x_{\min} + \frac{1}{2} \left( \sqrt{(x_{\min} - 5)^2 + 9} + \sqrt{(x_{\min} + 4)^2 + 16} \right)^2 - 33 = \\ = \frac{24}{7} + \frac{1}{2} \left( \sqrt{\left(\frac{8}{7} - 5\right)^2 + 9} + \sqrt{\left(\frac{8}{7} + 4\right)^2 + 16} \right)^2 - 33 = \frac{248}{7} \approx 35,429.$$

*Пример 4.* Найти наименьшее значение функции

$$r_2(x) = x^2 + 4x + G(x - x_{\min})^4 + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16}; \min(r_2(x)) = r_2(x_{\min}), \forall G \in \mathbb{R}. \quad (7)$$

Здесь, также как и в примерах 1 и 2, усматривается экстремум функции  $r_2(x)$ , причём – это минимум. Запишем выражение (7) в следующем удобном для анализа виде, используя для этого следующие несложные преобразования

$$\begin{aligned} r_2(x) &= x^2 + 4x + G(x - x_{\min})^4 + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ &= 5x + G|x - x_{\min}|^4 + x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ &= 5x + G(x - x_{\min})^4 + r(x) = 5(x - x_{\min}) + 5x_{\min} + G(x - x_{\min})^4 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16}\right)^2 - 33. \end{aligned}$$

Следовательно

$$r_2(x) = 5(x - x_{\min}) + 5x_{\min} + G(x - x_{\min})^4 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16}\right)^2 - 33. \quad (8)$$

Теперь, используя результат предыдущего примера 1, для функции (8), а, значит, и для функции (7) независимо от значения  $G$ , получаем ответ

$$\begin{aligned} \min r_2(x) &= r\left(x_{\min} = \frac{8}{7}\right) = 5x_{\min} + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x_{\min}-5)^2 + 9} + \sqrt{(x_{\min}+4)^2 + 16}\right)^2 - 33 = \\ &= \frac{40}{7} + \frac{1}{2}\left(\sqrt{\left(\frac{8}{7}-5\right)^2 + 9} + \sqrt{\left(\frac{8}{7}+4\right)^2 + 16}\right)^2 - 33 \approx 76,427. \end{aligned}$$

*Пример 5.* Найти наименьшее значение функции

$$r_2(x) = x^2 + 4x + 3(x - 4x_{\min})^4 + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16}; \min(r_2(x)) = r_2(x_{\min}). \quad (9)$$

Здесь, также как и в примере 4, усматривается экстремум функции  $r_2(x)$ , причём – это минимум. Запишем выражение (9) в следующем удобном для анализа виде, используя для этого следующие несложные преобразования

$$\begin{aligned} r_2(x) &= x^2 + 4x + (3x - x_{\min} - 3x_{\min})^4 + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ &= 5x + 3(x - x_{\min} - 3x_{\min})^4 + x^2 - x + \sqrt{(x-5)^2 + 9}\sqrt{(x+4)^2 + 16} = \\ &= 5x + 3(x - x_{\min} - 3x_{\min})^4 + r(x) = 5(x - x_{\min}) + 5x_{\min} + 3(x - x_{\min} - 3x_{\min})^4 + \\ &\quad + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16}\right)^2 - 33. \end{aligned}$$

Следовательно

$$r_2(x) = 5(x - x_{\min}) + 5x_{\min} + 3(x - x_{\min} - 3x_{\min})^4 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x-5)^2 + 9} + \sqrt{(x+4)^2 + 16}\right)^2 - 33. \quad (10)$$

Теперь, используя результат предыдущего примера 4, для функции (10), а, значит, и для функции (9), получаем ответ

$$\begin{aligned} \min(r_2(x)) &= r\left(x_{\min} = \frac{8}{7}\right) = 5x_{\min} + 243x_{\min}^4 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x_{\min}-5)^2 + 9} + \sqrt{(x_{\min}+4)^2 + 16}\right)^2 - 33 = \\ &= \frac{40}{7} + 243\left(\frac{8}{7}\right)^4 + \frac{1}{2}\left(\sqrt{\left(\frac{8}{7}-5\right)^2 + 9} + \sqrt{\left(\frac{8}{7}+4\right)^2 + 16}\right)^2 - 33 \approx 490,974. \end{aligned}$$

Оригинальность предложенного способа по отысканию экстремума функций одной переменной существенно упрощает «лобовое решение» традиционными подходами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куделин, О.Г. Нестандартное решение некоторых алгебраических задач с помощью аналитической геометрии / О.Г. Куделин, В.И. Фомин // -Научн. пробл. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 164-166.  
 2 Куделин, О.Г. Аналитическое решение некоторого класса задач, реализующихся на стыке алгебры и аналитической геометрии / О.Г. Куделин, В.И. Фомин // -Научн. пробл. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№3. -С. 166-168.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экстремум, некоторый класс функций одной переменной  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Куделин Олег Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Фомин Василий Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОКРЫТИЙ СФОРМИРОВАННЫХ НА СТАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

И.С. Иванчик, С.Н. Иванчик

### RESEARCH RESULTS OF CORROSION TESTS OF THE COATINGS FORMED ON THE STEE BASE

Siberian state university of water transport

I.S. Ivanchik, S.N. Ivanchik

For the study of corrosion coatings formed on the steel base, are conducted in a boiling solution of concentrated nitric acid.

*Keywords: research corrosion coatings, experimental conditions, corrosion resistance of the layers, temperature*

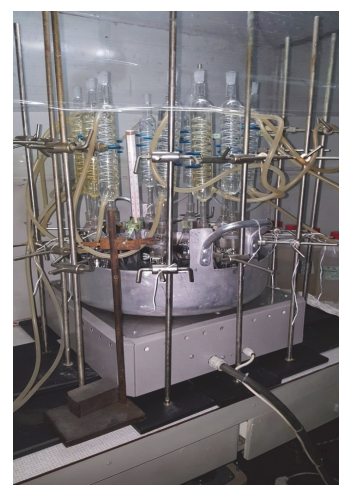
Для исследования коррозионных покрытий сформированных на стальной основе, проводятся в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты.

Исследования результатов коррозионных испытаний проведены в соответствии с методикой и требованиями ГОСТ 945-76. Размер пластинок, вырезанных из наплавленных покрытий, был равен для образцов на стальной основе  $1 \times 15 \times 15$  мм, для образцов на титановой основе  $1 \times 15 \times 20$  мм. Пластинки подвешивались на фторопластовых нитях и погружались в концентрированные азотную (65%), серную (5%) или концентрированную ортофосфорную (65%) кислоты. Температура среды измерялась термометром с точностью  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  и составляла  $125 \text{ }^\circ\text{C}$  для азотной кислоты и  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  для серной и ортофосфорной кислот. В каждую колбу с кислотой помещалось по 3 пластины, вырезанных только из образцов, полученных по одному и тому же режиму. Для выравнивания температуры по объёму колб с кислотой они помещались в ёмкость с высокотемпературным технологическим маслом, температура которого контролировалась (рисунок 1 и 2). Общая продолжительность испытаний зависела от степени агрессивности кислоты. В процессе испытаний через равные промежутки времени образцы вынимались, промывались, высушивались и взвешивались с точностью  $0,1 \text{ мг}$ , после чего эксперимент продолжался. На рисунках 1 и 2 показаны варианты компоновки оборудования в зависимости от числа одновременно испытываемых образцов.

*Испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты.* Коррозионная стойкости слоев, наплавленных на сталь 12ХН3А, оценивалась в кипящем растворе концентрированной (65%) азотной кислоты весовым методом. Испытание проводилось в течение



а)



б)

Рисунок 1 – Компоновка емкостей для коррозионных испытаний: а)-для одного комплекта образцов, б)-для 11 комплектов образцов



Рисунок 2 – Вариант компоновки ёмкостей для испытаний



30 ч. Изменение массы образцов фиксировалось каждые 6 ч. В качестве материала сравнения выступала сталь 12ХН3А в соответствии с разработанной программой и методикой исследовательских испытаний. Результаты испытаний представлены на рисунке 3 и таблице 1.

Максимальная скорость коррозионного разрушения наблюдалась на пластинах из стали 12ХН3А и составляла 1425 мм/год. Поскольку в результате испытания идет интенсивное взаимодействия стали с агрессивным раствором, то продолжительность испытания была уменьшена до 5 минут. Наплавка Fe-Cr-Ni-Ti порошковой смеси на поверхность стальной заготовки приводит к значительному снижению скорости коррозии в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты. Образец 1 с 15% легирования разрушается под действием коррозионной среды со скоростью 73,4 мм/год. Увеличение коррозионной стойкости наблюдается также на образцах 2 и 3 с 20 и 25% легирования, скорость коррозии которых равна 23,8 и 3,8 мм/год соответственно. Наименьшая скорость коррозионного разрушения зафиксирована на образце 4 (30% легирования). Кипящий раствор концентрированной азотной кислоты растворяет данный материал со скоростью 0,61 мм/год.

Таблица 1 – Скорость коррозии стали 12ХН3А и поверхностно легированных слоев Fe-Cr-Ni-Ti в кипящем концентрированном растворе азотной кислоты

| Обозначение режима наплавки   | Скорость коррозии, мм/год | Стойкость по отношению к стойкости основы |
|-------------------------------|---------------------------|---|
| Основа 12ХН3А                 | 1425                      | 1   |
| 1 (суммарное легирование 15%) | 73,4                      | 19,4                                      |
| 2 (суммарное легирование 20%) | 23,8±2,8                  | 60  |
| 3 (суммарное легирование 25%) | 3,8±1,3                   | 375                                       |
| 4 (суммарное легирование 30%) | 0,61±0,1                  | 2336                                      |

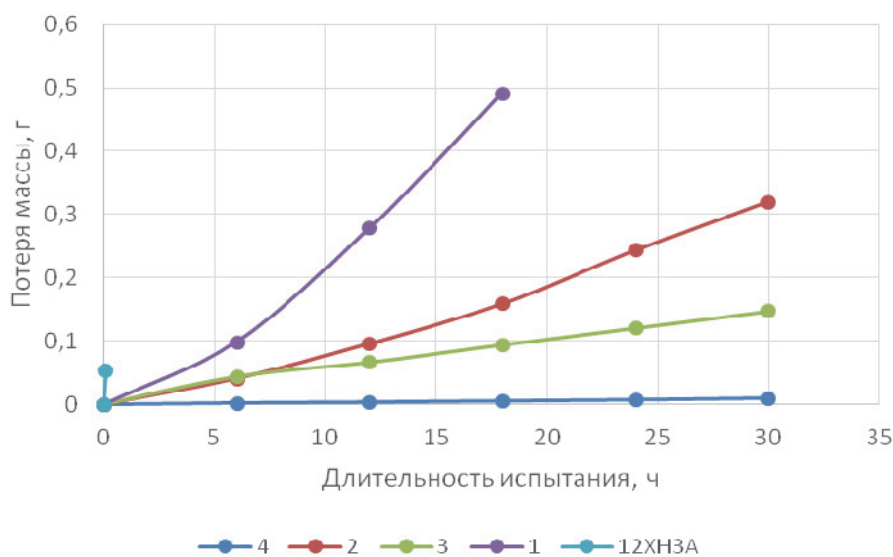


Рисунок 3 – Зависимость потери массы материалов в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты от времени испытания

После коррозионных испытаний образцов 1-4 и материала основы 12ХН3А проводилось исследование поверхности на растровом электронном микроскопе. Поверхность образца 1 (15%) после испытания в агрессивном растворе имеет общий и неравномерный характер коррозионного разрушения (рисунок 4). Об этом свидетельствует наличие подверженных коррозии участков по всей поверхности образца, а также присутствие явного рельефа на поверхности сплава. Поверхность образца 2 (20%) (рисунок 5) после испытаний характеризуется общим коррозионным разрушением. Однако в отличие от образца 1 рельеф поверхности не имеет явного и грубого строения, и представлен как участками с равномерной коррозии, так и участками с неравномерной коррозией. На микрофотографии поверхности образца 3 (25%) наблюдаются незначительные следы коррозионного разрушения (рисунок 6). При больших увеличениях на поверхности сплава визуально можно различить следы общей коррозии (рисунок 7). Образец 4 (30%) после коррозионных испытаний не имеет явных следов коррозионного разрушения (рисунок 8 и 9). Об этом свидетельствует сохранение рисок на поверхности образца, нанесенных предварительной абразивной обработкой.



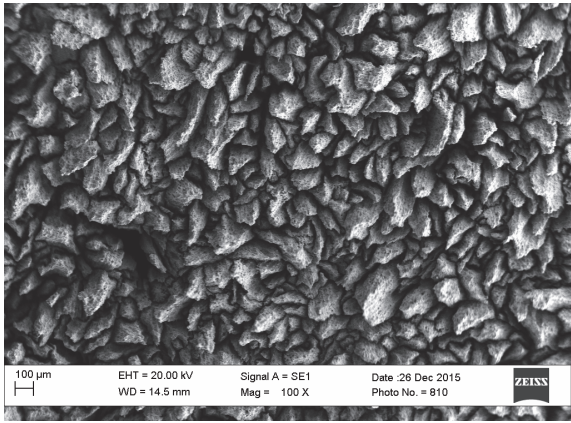


Рисунок 4 – Поверхность образца 1 (15%), после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты (×100)

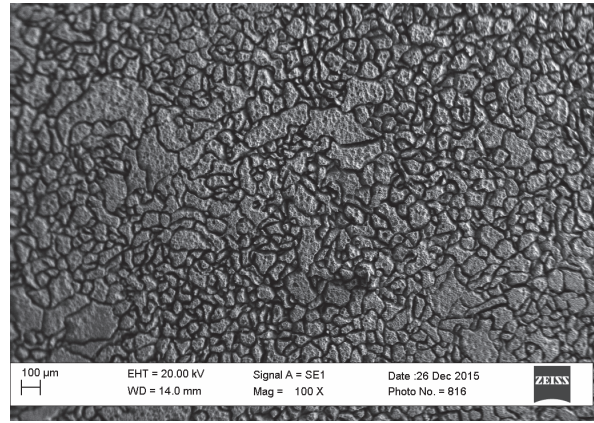


Рисунок 5 – Поверхность образца 2 (20%), после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты (×100)

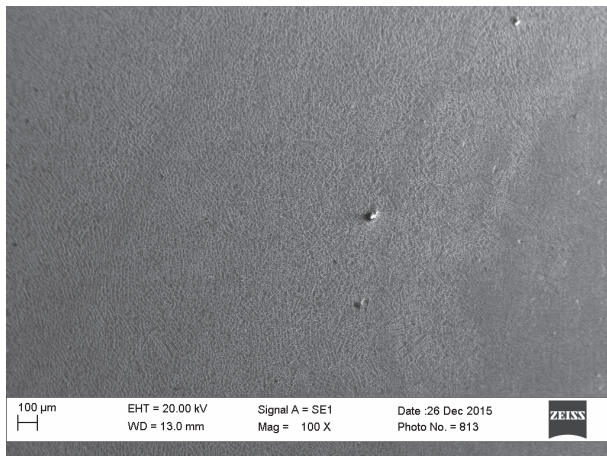


Рисунок 6 – Поверхность образца 3 (25%), после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты (×100)

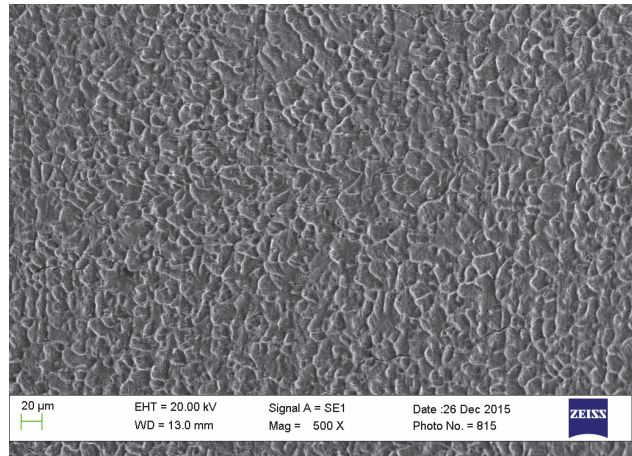


Рисунок 7 – Поверхность образца 3 (25%) после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты (×500)

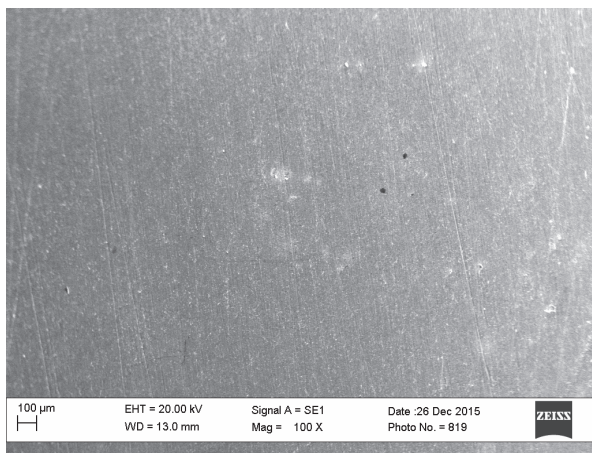


Рисунок 8 – Поверхность образца 4 (30%) после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты, малое увеличение (×100)

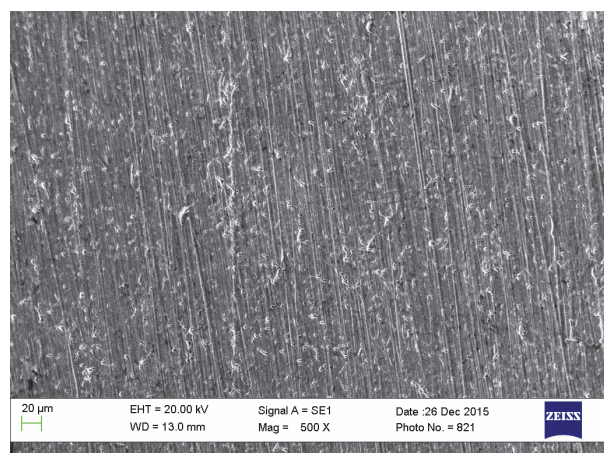


Рисунок 9 – Поверхность образца 4 (30%) после коррозионного испытания в кипящем растворе концентрированной азотной кислоты, среднее увеличение (×500)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Токарев, А.О. Анализ условий обеспечения жизненного цикла деталей судовой техники / А.О. Токарев, С.Н. Иванчик, И.С. Иванчик // -Речной транспорт (XXI век). -2011. -№3 (51). -С. 74-75.  
 2 Mikhalchenko, A.A. The heating and acceleration dynamics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles in the axysymmetric heterogeneous flow emanating from a plasma torch with inter-electrode inserts / A.A. Mikhalchenko, I.S. Ivanchik / -Termophysics and Aeromechanics, -2014, -Vol.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** исследования коррозионных покрытий, экспериментальные условия, коррозионная стойкость слоёв, температура  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Иванчик Илья Сергеевич, заведующий лабораторией ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Иванчик Сергей Николаевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЫХЛОПНОЙ ТРУБЫ НА АЭРОДИНАМИКУ ПОРЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**О.Г. Куделин, А.Г. Николаев**

### **THE INFLUENCE OF A SPECIAL DESIGN OF AN EXHAUST PIPE ON THE AERODYNAMICS OF A PORTION OF EXHAUSTED GASES**

Siberian state university of water transport  
 O.G. Kudelin, A.G. Nikolaev

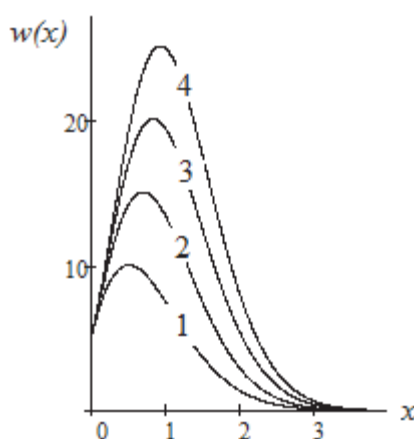
The mathematical model of the movement of a portion of final gases is constructed. Time necessary for repayment of the movement of a portion of final gases decreases in the process of increase of its average speed. The found effect was used in designing ecologically safe exhaust pipes.

*Keywords: mathematical mode, portion of final gases, ecologically safe exhaust pipes*

Построена математическая модель движения порции выпускных газов. Время, необходимое для погашения движения порции газа, убывает по мере возрастания его средней скорости. Обнаруженный эффект может быть использован при конструировании экологически безопасных выхлопных труб.

В работе [1] была разработана математическая модель движения порции отработавших газов в выхлопной трубе, входная часть которого предусматривала специальную конструкцию и позволила существенно изменить геометрию потока. Это новшество привело, с одной стороны, к увеличению средней скорости движения потока, а, с другой – к уменьшению времени до практически полной остановки потока в трубе.

Зависимость скорости  $w(x)$  потока порции отработавших газов вдоль оси симметрии выхлопной трубы при одинаковой начальной скорости и использованной конструктивной особенности входной его части, в соответствии с проведенными расчётами в [1], представлены на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Изменение скорости выхлопных газов вдоль трубы длиной 3,0-3,5 м, при различном времени до полного торможения потока: 1-при  $t = 3,591$  с,  $(\bar{w}(x)) = 1,114$  м/с); 2-при  $t = 2,254$  с,  $(\bar{w}(x)) = 1,775$  м/с); 3-при  $t = 1,601$  с,  $(\bar{w}(x)) = 2,498$  м/с); 4-при  $t = 1,281$  с,  $(\bar{w}(x)) = 3,123$  м/с)*

Проведённый сравнительный анализ представленных расчётов в [1] показал, что при одинаковых размерах труб (порядка 3,5 м), время, необходимое для погашения движения порции газа, убывает по мере возрастания средней скорости  $\bar{w}(x)$ . Очевидно, что «усиле-



ние» обнаруженного эффекта напрямую связано с увеличением средней скорости  $\overline{w(x)}$ .

Чтобы повысить среднюю скорость порции выхлопных газов за время пути в трубе, необходимы действия, связанные с изменением конструкции её входной части.

Допустим, что имеется такая конструкция, с помощью которой удастся не менее двух раз создать условия для искусственного подъёма скорости газового потока во входной части выхлопной трубы. Необходимо выяснить, как при этом изменится время движения порции газа до практически полной остановки его в трубе.

Для подтверждения этой гипотезы авторы предлагают использовать математическую модель [1]. Положим в её основу условия, которые смогут во входной части выхлопной трубы, благодаря специальной её конструкции, имитировать двух кратный ступенчатый подъём скорости выхлопных газов. Согласно такой имитации газовый поток должен претерпеть четыре этапа до практически полной своей остановки в конце трубы. Итак, рассмотрим эти этапы:

- на первом этапе происходит первый подъём скорости от начального движения до какого-то заданного уровня скорости потока;
- на втором этапе происходит стабилизация достигнутого уровня в течение достаточно короткого промежутка времени;
- на третьем этапе происходит второй подъём скорости с уже зафиксированного уровня второго этапа;
- на четвёртом этапе наблюдается торможение потока благодаря силам трения сопротивления о боковую поверхность выхлопной трубы.

На первом и третьем этапах предлагается использовать систему уравнений, записанную в [1]

$$L = \overline{w(x)} t_0, \quad (1)$$

$$\overline{w(x)} = \frac{w_0}{L\mu} \left( \begin{array}{l} u_2^{\alpha+1} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left( \frac{\rho u_2}{k + \alpha + 1} \right) \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \ln^s(u_2) (k + \alpha + 1)^{s-1}}{s!} - \\ - u_1^{\alpha+1} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left( \frac{\rho u_1}{k + \alpha + 1} \right) \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \ln^s(u_1) (k + \alpha + 1)^{s-1}}{s!} \end{array} \right);$$

где  $\frac{dw(x_0)}{dx} = 0;$  (2)

$$w(x_0) = R w_0; \quad (3)$$

$$w(L) = w_0 [\mu(L + \alpha)]^{-qL} \leq \delta_0; \quad (4)$$

$$\left| \frac{dw(L)}{dx} \right| = \left| \left( \ln \mu(L + \alpha) + \frac{L}{L + \alpha} \right) q \delta_0 \right|; \quad (5)$$

$$q \ln(\alpha \mu) = \text{Const}.$$

Теоретические значения параметров  $q, \mu, \alpha$ , а так же величины  $L, t_0, x_0$  ( $L$  - длина трубы;  $t_0$  - время потока в пути;  $x_0$  - координата максимального подъёма уровня скорости потока),  $w(x)$  - скорость потока,  $\overline{w(x)}$  - средняя скорость потока), а также  $u_1 = \mu \alpha, u_2 = \mu(L + \alpha)$  вычисляются с помощью системы уравнений (1)-(6).

Для технической реализации конструкции входной части выхлопной трубы, задавались необходимые параметры из работы [1], в соответствии с которыми вычислялось распределение скоростей в трубе с двумя подъёмами (рисунок 2), привязанное к одной системе координат. При этом на первом подъёме параметры выбирались следующие

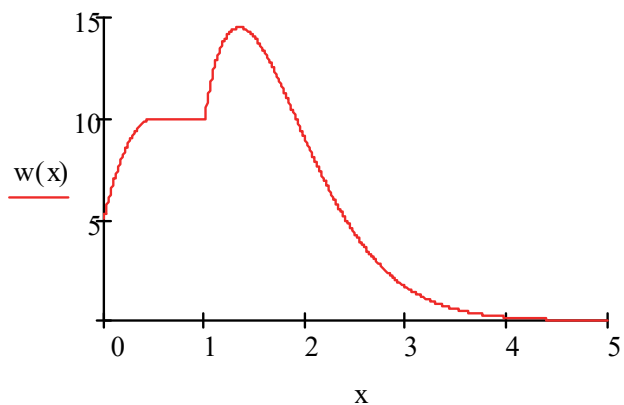


Рисунок 2 – Изменение скорости выхлопных газов вдоль трубы длиной  $L = 3,5-4,0$  м, при времени полного торможения  $t = 0,594$  с

щами:  $R = 2$ ;  $w(0) = 5$  м/с при  $x_0 = 0,5$  м, а на втором подъеме –  $R = 1,5$ ;  $w(1) = 10$  м/с, при  $x_0 = 1,5$  м). Стабилизирующий участок соответствовал значению скорости  $w(x \in [0,5;1]) = 10$  м/с.

Полученный временной результат торможения потока оказался почти в два раза меньше, чем при самом высоком однократном подъеме (рисунок 1). Это связано с увеличением средней скорости потока, что хорошо подтверждается сравнением зависимости (4) рисунка 1 и зависимостью рисунка 2.

Таким образом, «мягкий» двух ступенчатый подъем скорости потока по сравнению с однократным подъемом, значительно продуктивнее решает поставленную задачу, что открывает новые перспективы в направлении очистки и, как следствие – создания экологически чистых труб нового поколения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Николаев, А.Г. Аналитическое исследование движения массы отработавших газов в выхлопном коллекторе дизеля/ А.Г. Николаев, О.Г. Куделин // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 133-136.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** математическая модель, порция газа, экологически безопасные выхлопные трубы  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Куделин Олег Георгиевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Николаев Анатолий Геннадьевич, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»  
ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»

**Г.Б. Горелик, Е.И. Кончаков**

### REVIEW OF THE REGENERATION OF WASTE OIL TECHNOLOGY

Far Eastern federal university  
Pacific ocean state university  
G.B. Gorelik, E.I. Konchakov

An overview of the main methods and technology facilities for the regeneration of used motor oil both abroad in the industrialized countries and in Russia. The advantages and disadvantages processes of regeneration of waste oils in the aspect of environmental requirements.

*Keywords: waste oil, reduced oil regenerated, regeneration oils, methods and plants of oils regeneration*

Приведен обзор основных технологических способов и установок по регенерации отработанных моторных масел как за рубежом в развитых промышленных странах, так и в России. Рассмотрены преимущества и недостатки процессов регенерации отработанных масел в аспекте экологических требований.

В процессе эксплуатации масел в них накапливаются продукты окисления, загрязнения и другие примеси, которые резко снижают качество масел. Масла, содержащие загрязняющие примеси, неспособны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть заменены свежими маслами. Однако по оценкам специалистов в литосферу и гидросферу сбрасывается до 84% всех отработанных масел (ОМ). В отличие от нефти и других нефтепродуктов, ОМ при попадании в окружающую среду еще в меньшей степени обезвреживаются естественным путем (окисление, фотохимические реакции, биоразложение). Поэтому такой большой объем загрязнений представляет большую опасность для экологии и, в этом аспекте, наиболее важное место отводится методам регенерации ОМ – полного восстановления их первоначальных свойств с целью повторного использования по прямому назначению.

Существует немало технологий вторичной переработки отработанных смазочных масел (ОСМ). Среди различных направлений наиболее распространенные группы промышленных процессов вторичной переработки (по основному способу очистки) следующие: сернокислотная, адсорбционная, гидроочистка, селективная (экстракционная), тонкопленочное испарение, ультрафильтрация [1].

Отдельно следует рассматривать технологии, основанные на процессах: термическом крекинге; комбинированном процессе PROP с использованием химического способа деме-таллизации ОМ; а также процесс Resyclon, в котором для удаления продуктов старения и

присадок, вместо обработки серной кислотой, используется обработка мелкодиспергированным металлическим натрием [2, 3]. Заслуживают внимания процессы, разработанные Французским институтом нефти (IFP) и фирмы «Mattus/Gapar» (Франция).

**Сернокислотная очистка.** При этом методе очистки основным реагентом, входящим в соединения с нежелательными примесями, является серная кислота. Она разрушает смолисто-асфальтовые и ненасыщенные соединения, которые вместе с непрореагировавшей кислотой выпадают в осадок, образуя кислый гудрон. Наиболее ценные для масел циклопарафины серной кислотой не затрагиваются и после отделения кислого гудрона промываются водным раствором щелочи (например, NaOH), которая нейтрализует остатки серной кислоты и кислого гудрона. Очистка заканчивается промывкой масла водой и его последующим обезвоживанием.

Такая технология считается традиционной для сернокислотной очистки. Кислый гудрон, который является отходом при этом способе очистки, очень токсичный продукт. Его химический состав включает смолистые вещества, «органику», продукты полимеризации ненасыщенных углеводородов, а присутствие свободной серной кислоты в гудронах достигает до 70% от массы. Дальнейшее использование его по ряду причин нерентабельно и поэтому он складывается в прудах-накопителях, где скапливается в огромных количествах без надлежащей утилизации, представляя значительную экологическую опасность.

Для предотвращения возможности образования стойких водомасляных эмульсий обработку щелочью заменяют контактным фильтрованием с использованием отбеливающих глин, обладающих большой адсорбционной способностью поглощать полярно-активные вещества, к которым относятся продукты взаимодействия с серной кислотой. Кислотную очистку с контактным фильтрованием через отбеливающие земли называют кислотной контактной очисткой. При таком методе вдобавок к кислому гудрону образуется еще и отработанный сорбент.

Наиболее эффективным с точки зрения экологии можно считать процесс фирмы Meinkes (Германия). Однако, будучи разновидностью сернокислотной очистки, этот метод имеет те же недостатки, что и предыдущие методы. А именно, образование большого количества токсичного трудноутилизируемого отхода – кислого гудрона. Кроме того, сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических ароматических углеводородов и высокотоксичных соединений хлора. Нельзя также регенерировать серной кислотой современные масла, совместимые с окружающей средой (синтетические сложные эфиры и сложные эфиры растительного происхождения), поскольку серная кислота разлагает их, что, в частности, увеличивает выход кислого гудрона.

**Адсорбционная очистка.** Занимает второе место по объему промышленного применения. Адсорбционная очистка может осуществляться:

- контактным методом (масло перемешивается с измельченным адсорбентом);
- перколяционным методом (очищаемое масло пропускается через адсорбент);
- методом противотока (масло и адсорбент движутся навстречу друг другу).

Контактную очистку наиболее широко применяют на предприятиях в США, до 55% всех базовых масел вторичной переработки получали именно таким способом, причем получают базовые масла стабильного качества. Схема предусматривает отгон воды и топливных фракций с последующей контактной очисткой. В качестве сорбентов используют активированные глины. Этот сравнительно простой процесс позволяет получать базовые масла стабильного и высокого качества, после чего их смешивают со свежими маслами и добавляют необходимые присадки. К недостаткам такой технологии следует отнести отсутствие контроля вязкости и пределов кипения получаемого продукта, а также большие потери масла с сорбентом. К тому же необходимо утилизировать большое количество адсорбента, загрязняющего окружающую среду.

Перколяционная очистка требует применения в качестве адсорбента чаще всего силикагеля, что делает этот метод дорогостоящим.

Очистка масла в движущемся слое адсорбента является наиболее перспективным методом, при котором процесс протекает непрерывно, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое использование.

Основной недостаток адсорбционной очистки, связанный с экологической безопасностью, заключается в утилизации большого количества отработанного сорбента, представляющего опасность для окружающей среды. Использование синтетических сорбентов, об-

ладающих высокой термической стабильностью, дает возможность их многократного использования. Конечно же, такие сорбенты более дорогостоящие, но они позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду.

В этом аспекте можно выделить процесс фирмы Rotovac (Финляндия). В этом процессе предварительно отстоянное от воды и шлама масло подвергается фильтрации, атмосферной и вакуумной перегонке. После этого производят контактную очистку кислотнo-активированным диатомитом и ввод присадок. При такой технологии образуются следующие отходы: остаток вакуумной перегонки, используемый в качестве топлива или наполнителя в дорожных и кровельных битумах, а также отработанный сорбент.

Примером также могут служить установки по регенерации «Малышка» и «УРДМ-КА» (Россия). Здесь применяют комбинированную схему переработки с использованием процессов коагуляции и адсорбции, разработанные Петербургским государственным университетом путей сообщения (ПГУПС), а также процесс, разработанный организацией «Вторнефтепродукт». В случае с установками «Малышка» и «УРДМ-КА» применяемые реактивы (соли щелочных металлов, эмульгаторы и водорастворимые сополимеры целлюлозы) неопасны и нетоксичны при воздействии на кожу и органы дыхания работающих.

*Гидроочистка.* Гидрогенизационные процессы проводят под давлением до 2 МПа в присутствии различных катализаторов и водорода при температуре 380-400 °С. Для защиты катализаторов гидроочистки от загрязнителей отработанных масел также используются сорбенты. Известно несколько промышленных процессов с использованием гидроочистки – IFP и Snamprogetti. Эти процессы также включают стадии перегонки при атмосферном давлении, экстракции пропаном, вакуумной перегонки, термообработки полученного остатка (300-450 °С) и, соответственно, гидроочистки. Также в качестве основной стадии гидроочистку использует компания UOP (Великобритания).

В последнее время все шире применяют гидрогенизацию, которая является наиболее совершенным способом очистки масел. Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел и увеличения их выхода, так и с большой экологической чистотой этого процесса по сравнению с сернокислотной и адсорбционной очистками.

*Селективная (экстракционная) очистка.* Принцип селективной очистки заключается в следующем. Подбирают растворитель, который при определенной температуре и количественном соотношении с очищаемым маслом выборочно (селективно) растворяет в себе все вредные примеси и плохо или совсем не растворяет очищаемый продукт, в данном случае – масло. Это современный и эффективный способ очистки масел, особенностью которого является возможность в процессе очистки многократного использования селективных растворителей. В качестве селективных растворителей и веществ, как правило, применяют фурфурол и фенол. Очень важно правильно выбрать как соотношение масла и растворителя, так и температуру, при которой осуществляют процесс очистки. При фенольной очистке, так же как и при кислотнo-щелочной, адсорбционной и гидрогенизационной, не удаляются твердые углеводороды.

Для получения качественной очистки высоковязких остаточных масел используют метод парных растворителей. Причем, один из них должен выборочно растворять вредные примеси, а другой – очищаемое масло, тем самым разделяя сырье на очищенную и загрязненную фракции. При растворении примесей применяют крезол с 30-50% фенола, а при растворении рафинада – пропан. С целью поддержания пропана в жидком состоянии очистку производят под давлением до 2 МПа. При таком методе углеводороды масла растворяются в пропане, а асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

*Тонкоплочное испарение.* Представляется весьма перспективным процессом вторичной переработки моторных масел, хотя предложено уже сравнительно давно. В качестве его основной стадии используется тонкоплочное испарение (ТПИ), используется в циклонном вакуум-термическом испарителе (ЦВИ) установки «РУМС-1» [4, 5]. Также для реализации процесса ТПИ, практическое применение нашли роторные тонкоплочные испарители зарубежных фирм «Luwa» (Швейцария), «Enviroquip» (США), используют установки процесса КТІ (Нидерланды), которые к тому же включают стадии гидроочистки и фракционирования. Близкая к КТІ схема разработана компанией Booth Oil Co., Inc. (США), единственное отличие заключается в наличии такой стадии как адсорбционная очистка. Остаток тонкоплочного испарения, в данном случае, можно использовать в качестве топлива или компонента асфальтового покрытия.



Процесс Lubrex (Buss AG Verfahrenstechnik Luwa, Швейцария) по своей схеме, напоминающий процесс КТІ, помимо основной стадии тонкопленочного испарения включает также химическую очистку гидрокарбонатом или гидроксидом натрия при температуре 230-260 °С. Этот процесс осуществлен на 13 промышленных установках общей мощностью 160 тыс. т в год. В процессе Mohawk Lubricants (Канада) предусмотрены однократное испарение сырья, вакуумная перегонка, двухступенчатая перегонка в тонкопленочных испарителях и гидроочистка с последующей обработкой масла гидроксидом натрия. Здесь образующиеся отходы (остаток вакуумной перегонки и отработанный гидроксид натрия) используют в производстве дорожного и кровельного битумов и в целлюлозно-бумажной промышленности, соответственно. В регенерационной установке «РУМС-1» (рисунок 1) используется двухстадийное удаление водотопливных фракций (ВТФ) из отработанного моторного масла: первоначально в корпусе приспособления ввода масла в ЦВТИ в камере объемного капельного испарения, а затем в процессе тонкопленочного испарения ВТФ из вихревого потока отработанного масла в ЦВТИ. В этом процессе обеспечивается эффективный тепломассообмен между наружной и внутренней поверхностями тонкопленочного потока ОМ, что положительно влияет на ускорение более полного испарения воды и легких топливных фракций.

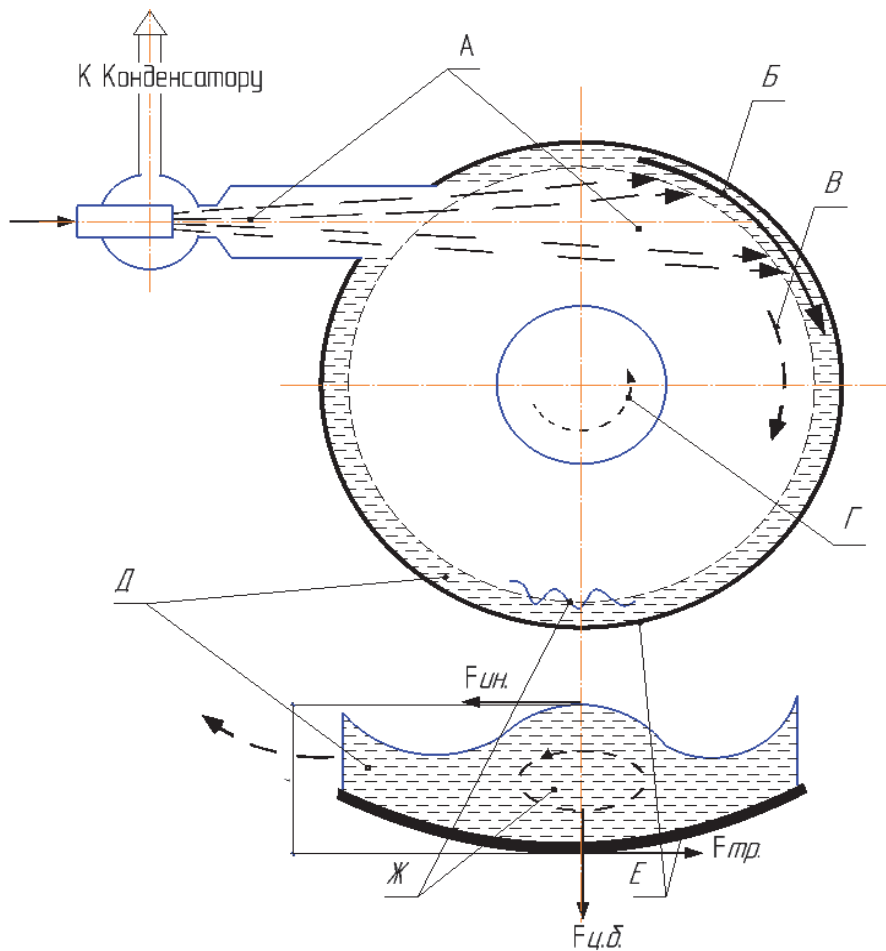


Рисунок 1 Схема двухстадийного процесса удаления ВТФ из ОМ: А-камера и зона объемного капельного испарения; Б-вращение тонкопленочного потока ОМ; В-вращение внешнего потенциального парогазового вихря ВТФ; Г-вращение внутреннего вынужденного парогазового вихря ВТФ; Д-пленка масла, формируется на внутренней поверхности ЦВТИ; Е-корпус циклонного вакуум-термического испарителя; Ж-механизм волнового движения пленки ОМ и перекатывающиеся масляные шнуры

**Ультрафилтрация.** В последнее время появляются методы очистки масел, основанные на его фильтрации через специальные мембраны, фильтрующие на молекулярном уровне, которые, например, пропускают молекулу углеводородов и задерживают молекулу продуктов окислительной полимеризации и другие нежелательные примеси. Этот метод еще не получил широкого применения при очистке моторных масел. Характерным примером комбинированного процесса вторичной переработки ОМ с использованием ультрафилтра-

ции является Regelub (Франция).

Этот экологически чистый процесс предназначен для переработки отработанных моторных и промышленных масел. А отходы, которые образуются в процессе очистки, легко утилизируемы.

**Термический крекинг.** В последнее время наметилась тенденция использования процессов со стадией предварительной термической обработки сырья, а также процессы, основными стадиями которого является термический крекинг и последующая сернокислотная очистка. Примером может служить производство компонентов масел по немецкой технологии ENTRA. Использование при крекинге натрия и природного сорбента дает дополнительные гарантии удаления экологически опасных продуктов. Наиболее известная российская организация, использующая термический крекинг – компания ЗАО «ПОМ-ТЭК». К преимуществам данной технологии относятся высокий уровень экологической безопасности и малоотходность технологического процесса.

**Технология PROP (компания Phillips Petroleum, США).** Среди применяемых в промышленности процессов особняком стоит технология PROP (компания Phillips Petroleum, США), где на первой стадии проводят деметаллизацию отработанного моторного масла водным раствором гидрофосфата аммония. После фильтрации масло подвергают перколяции, гидроочистке и фракционированию. Побочные продукты, нейтральные отходы и топливные фракции подвергаются дальнейшей переработке. Принципиальная схема процесса деметаллизации PROP представлена на рисунке 2. В то же время применение синтетических материалов вызывает трудности в связи с проблемой их дальнейшей утилизации, так как биоразложению они трудно поддаются, и применяется, как правило, сжигание. Отработанный синтетический сорбент может применяться в качестве компонента к нефтебитуму.



Рисунок 2 Схема процесса PROP

**Технология Recyclon.** Данный процесс основан на использовании суспензии металлического натрия. При таком методе полициклические соединения (смолы), высокотоксичные соединения хлора, продукты старения и присадки удаляют путем обработки сырья мелкодиспергированным металлическим натрием взамен обработки серной кислотой. Процесс не требует использования давления и катализаторов, не связан с выделением хлороводорода и сероводорода. Его схема приведена на рисунке 3.

Благодаря использованию натрия удастся избежать образования токсичных отходов. Несколько таких установок работают во Франции и Германии.



Рисунок 3 Процесс Recyclon

Все вышеперечисленные технологии и методы разрабатывались исходя из соображений экологической безопасности. Но не все методы могут продемонстрировать действительно высокий уровень предотвращения загрязнений, связанных с образованием отходов и использованием тех или иных реагентов в процессе регенерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ксензенко, В.И. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов (под ред. Ксензенко В.И.) / В.И. Ксензенко, И.М. Кувшинников, В.С. Скоробогатов и др. Изд. 2-е, стереотип. -М: КолосС, 2003.
- 2 Евдокимов, А.Ю. Смазочные материалы и проблемы экологии / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Т.Н. Шабалина, Л.Н. Багдасаров. -РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. -М.: ГУП Издательство "Нефть и газ", 2000. -424 с.
- 3 Фукс, И.Г. Экологические проблемы рационального использования смазочных материалов / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, В.Л. Лашхи. -М.: Нефть и газ, 1993. -161 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 Научные ответы на вызовы современности: техника и технологии: монография / В.В. Тарасов, Г.П. Кича и др. -Одесса: Куприенко СВ, 2016. -177 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *отработанное масло, регенерированное восстановленное масло, регенерация масел, способы и установки регенерации масел*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Горелик Геннадий Бенционович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ТОГУ»  
Кончаков Евгений Иванович, докт. техн. наук, профессор ФГАОУ ВО «ДФУ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *680035, г.Хабаровск, ул.Тихоокеанская, 136, ФГБОУ ВО «ТОГУ»  
690950, г.Владивосток, ул.Суханова, 8, ФГАОУ ВО «ДФУ»*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

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

Г.П. Кича, В.В. Тарасов, Е.М. Деревцов

### EFFICIENCY OF THE USING IN MARINE DIESEL ENGINES REGENERATED AND ENNOBLED BY ADDITIVES THE WASTE MOTOR OILS

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi  
G.P. Kicha, V.V. Tarasov, E.M. Derevtsov

The research results of comparative exploitation tests in diesel 8ЧНСП18/22 of the regenerated waste oil, ennobled multipurpose additives, and freight oil M10Г<sub>2</sub>ЦС are examined. It is shown that the equivalence of their impact on the state of the diesel engine and its resource indices. Analyzes the trends of aging compared parameters of oils in the time used their in marine diesel engine.

*Keywords: economy resource of oils using, motor oil, waste oil, regenerated and recovered waste motor oils, aging of the engine oil, impact of oil on the condition of the engine, diesel engine exploitation test*

Приведены результаты сравнительных эксплуатационных испытаний в дизеле 8ЧНСП18/22 регенерированного отработанного масла, обогороженного многофункциональными присадками, и товарного нефтепродукта М10Г<sub>2</sub>ЦС. Показана равноценность их во влиянии на состояние дизеля и его

ресурсные показатели. Анализируются направления старения сравниваемых масел при использовании в судовом дизеле.

Проблема повторного использования на судах отработанных моторных масел (ММ) обусловлена необходимостью экономии энергетических ресурсов и снижения экологического давления на окружающую среду. Сбор, переработка и утилизация отработанных масел на судах является весьма актуальной задачей, решение которой может быть нацелено на регенерацию и повторное использование отработанных смазочных материалов.

Эта концепция базируется на признании того, что ММ является одним из важнейших элементов обеспечения работоспособности и надежности дизеля и обладает теми же свойствами ремонтпригодности, как и другие конструктивные элементы двигателя. Полное восстановление эксплуатационных свойств масла возможно при регенерации и может условно рассматриваться как его капитальный ремонт. При этом все операции по его регенерации и восстановлению качества (потребительских свойств), выполненное на местах потребления ММ, можно рассматривать как операцию технического обслуживания и текущего ремонта.

Весьма заманчивым является идея не только регенерировать ММ на судах, но и восстановить их моторные свойства за счет ввода многофункциональных присадок. При этом желательна «мягкая» регенерация масла, чтобы при удалении вредных веществ (продуктов старения) частично сохранить полезные свойства, обусловленные несработавшими присадками. Такую регенерацию ММ на судне может обеспечить компактная регенерационная установка РУМС-1 [1].

Технологическая схема ее использования (рисунок 1) позволяет с помощью судового регенератора осуществить глубокую очистку ММ от мелкодиспергированных нерастворимых примесей (НРП) и воды, удалить из него на основе вакуумно-пленочного испарения низкокипящие углеводородные и кислородосодержащие фракции – топливо и продукты старения масла. Эффективность РУМС-1 показана в работе [2].

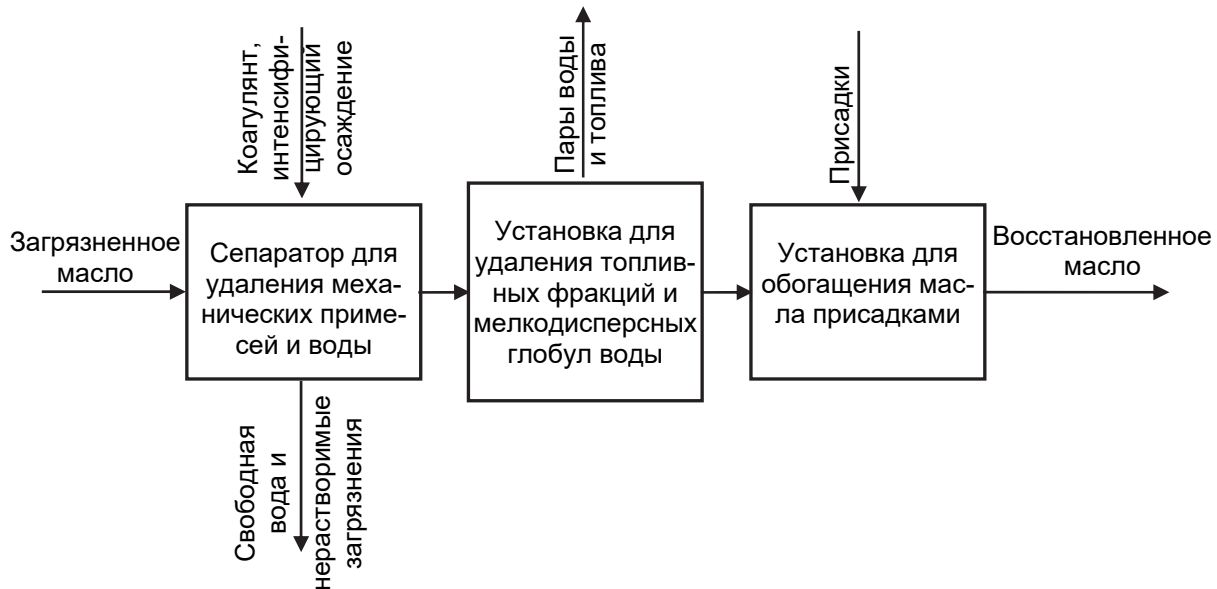


Рисунок 1 Схема регенерации и восстановления отработанного ММ

Допустимый уровень содержания в регенерированном моторном масле (РММ) нерастворимых примесей, воды, асфальтенов, смол и других продуктов старения обоснован результатами его моторных испытаний [3]. В зависимости от концентрации в нем полезных компонентов (присадок) РММ можно использовать для смазки вспомогательных механизмов, применять в двигателе с понижением моторной группы масла или восстанавливать его эксплуатационные свойства до исходного уровня легированием специальными присадками.

Эффективность использования регенерированных масел в ДВС с понижением их моторной группы на примере дизеля 2Ч10,5/13 была показана ранее [4]. Рассмотрим возможности регенерированного отработанного масла М10Г<sub>2</sub>ЦС (ГОСТ 12337-84), восстановленного до исходного уровня моторных свойств дополнительным легированием – вводом композиции присадок: 5,4% МАСК, 2,7 ПМС (Б), 2% ВНИИНП-354. Добавка многофункциональных и направленного стабилизирующего действия присадок осуществлялась до полного восста-

новления противоокислительных, нейтрализующих, моюще-диспергирующих и противоизносных свойств масла рассматриваемой группы. Соотношение между концентрациями вводимых присадок каждого типа было такое же, как в свежем масле М10Г<sub>2</sub>ЦС.

*Таблица 1 - Физико-химические показатели масел*

| Показатели   | Отработанное | Регенерированное<br>восстановленное | Свежее масло<br>М10Г <sub>2</sub> ЦС |
|--|--------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с | 9,8          | 10,3                                | 10,4                                 |
| Щелочность, мг КОН/г                                   | 4,3          | 9,2                                 | 9,0                                  |
| Кислотность, мг КОН/г                                  | 2,1          | 0,7                                 | 0,4                                  |
| Зольность, %   | 2,0          | 1,6                                 | 1,5                                  |
| Содержание нерастворимых в бензине (НРБ) примесей, %   | 2,6          | 0,31                                | 0,14                                 |
| Содержание воды, %                                     | 0,5          | отс.                                | отс.                                 |
| Температура вспышки в открытом тигле, °С               | 182          | 210                                 | 220                                  |
| Коллоидное загрязнение, %                              | 3,1          | 0,36                                | 0,20                                 |
| Массовая доля активных элементов присадок, %:          |              |                                     |                                      |
| – кальция  | 0,09         | 0,32                                | 0,28                                 |
| – цинка  | 0,02         | 0,05                                | 0,04                                 |
| – фосфора  | 0,015        | 0,04                                | 0,03                                 |

Основные физико-химические показатели исходного отработанного и регенерированного восстановленного масла в сравнении со свежим маслом этой же группы представлены в таблице 1. Их анализ позволил заключить, что предложенная технология дает возможность полностью восстановить параметры отработанного масла до уровня свежего.

Сравнение физико-химических свойств регенерированного восстановленного масла со свежим показывает их идентичность по всем основным показателям. Незначительно повышенная зольность, коллоидное загрязнение и кислотность восстановленного продукта по сравнению с базовым обусловлена достигаемым пределом удаления дисперсной нерастворимой фазы при сепарировании отработанного масла.

Противоизносные свойства сравниваемых ММ определялись по диаметру пятна износа на четырехшариковой машине трения (ГОСТ 9490-75). Приведенные данные (таблица 2) свидетельствуют об увеличении пятна износа для всех масел по мере увеличения нагрузки с 40 до 200 Н. Причем наиболее четко разность в противоизносных свойствах масел проявляется при высоких нагрузках. Так, при нагрузке 200 Н противоизносные свойства отработанного масла характеризуются диаметром пятна износа 0,82 мм, восстановленного 0,39, то есть практически как у свежего масла М10Г<sub>2</sub>ЦС, диаметр пятна износа которого равен 0,42 мм.

Увеличение нагрузки приводит к возрастанию пятна износа в 1,8-3,6 раза. Нижний предел увеличения износа по мере роста нагрузки характерен для восстановленного масла, верхний – отработанного. Свежее масло по этому показателю ближе к восстановленному, немного уступая ему по этому показателю.

*Таблица 2 – Диаметр пятна износа шариков для испытываемых масел, мм*

| Масло           | Нагрузка, Н |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 40          | 60   | 80   | 100  | 120  | 150  | 200  |
| Отработанное    | 0,32        | 0,36 | 0,41 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,82 |
| Восстановленное | 0,22        | 0,26 | 0,27 | 0,31 | 0,32 | 0,35 | 0,39 |
| Свежее          | 0,24        | 0,25 | 0,26 | 0,29 | 0,35 | 0,38 | 0,42 |

Сравнительные эксплуатационные испытания восстановительного и свежего масел проведены в дизеле 8ЧНСП18/22 ( $P_e = 232$  кВт,  $n = 750$  мин<sup>-1</sup>,  $p_{me} = 0,85$  МПа). Вместимость системы смазки этого дизеля (заводская марка ДД103) 180 дм<sup>3</sup>. Угар масла во время эксперимента составлял 1,38-1,42 г/(кВт·ч). Двигатель работал на дизельном топливе Л-0,5-62 (ГОСТ 305-82). Его средняя нагрузка соответствовала 78±5%. Она была одинакова на обоих этапах испытаний. Долив масла для компенсации угара осуществлялся ежедневно. Пробы масла для анализа его состояния брали через 200 ч работы.

Система смазки двигателя была оборудована полнопоточным фильтром ФМП-2 с



фильтрующими элементами «Нарва 6-4-04» (фильтровальный материал ДРКБ-45) и сдвоенной частичнопоточной центрифугой 2РМЦ-2Н с наружным реактивным приводом. Ротор центрифуг чистили через 250 ч работы. Фильтрующие элементы полнопоточного маслоочистителя меняли при достижении перепада давления на фильтре 0,16 МПа.

Состояние (старение) масла оценивали по методикам [5]. Контроль его старения осуществляли по следующим направлениям: термоокислительной деструкции углеводородов базового (товарного) и регенерированного (восстановленного) масел, окислению, срабатыванию присадок, загрязнению нерастворимыми примесями, коллоидному старению.

Судовой эксперимент вели в соответствии с ОСТ 24.060.09-89 этапами по 2000 ч. Состояние и рабочий процесс дизеля контролировали диагностическим комплексом «Ауэроника НК-5». Износ деталей двигателя (штуки цилиндров и шеек коленчатого вала) определяли с помощью метода искусственных баз (приборы УПОИ-6, УПОИВ-2) и взвешиванием поршневых колец и вкладышей мотылевых подшипников до и после эксперимента на аналитических весах ВЛА-200. Нагаро- и лакообразование поршней оценивали по модифицированному методу 344Т ЦНИДИ.

Анализ термоокислительной деструкции заключается в определении относительного количества углеводородов, у которых при работе в дизеле изменился углеродный скелет молекулы. Общая методика группового анализа реализовывалась по схеме, разработанной в ЦНИДИ [6]. Используя ее, выяснили, что по групповому составу свежее и регенерированное масла имеют существенное различие. В регенерированном ММ наименее стабильные, такие как моноциклические парафино-нафтеносодержащие и ароматические, фракции находятся в минимальных количествах. Их величина практически не менялась при работе этого масла в двигателе 8ЧНСП18/22. Это обстоятельство не способствовало значительному росту смолистых соединений при термоокислительной деструкции углеводородов. Содержание смол в регенерируемом (восстановленном) масле увеличилось за 2000 ч работы дизеля с 4,7 до 8,4%, то есть всего в 1,8 раза (рисунок 2).

Иная картина наблюдается в свежем товарном масле. В нем рассматриваемые углеводородные фракции представлены значительными долями. При работе в дизеле с камерой в поршне, где в зоне ЦПГ температурные условия для развития термоокислительной деструкции углеводородов масла весьма существенны, количество смолистых соединений  $S_M$  увеличилось почти в 6 раз с 2,1 до 12% (рисунок 2).

Процесс окисления углеводородов контролировался показателем СО (степенью окисления), который вычислялся по содержанию в ММ карбонильных групп – С=О (данные ИК-спектроскопии) через отношение интегральной интенсивности полосы поглощения в области частот 1550-1850 см<sup>-1</sup> к интегральной интенсивности близлежащей полосы поглощения группы С=С ароматических ядер (частота 1550-1650 см<sup>-1</sup>).

Степень окисления регенерированного и товарного масел к концу испытаний была примерно одинакова. Динамика роста показателя СО у обоих масел была разная. Содержание карбонилсодержащих продуктов у товарного масла после 1200 ч его работы практически стабилизировалась. У регенерированного нефтепродукта показатель СО за срок службы масла монотонно возрастал с 1,5 до 8,7%.

Коллоидное загрязнение масел определялось методом диализа по выходу концентрата на мембранном фильтре. У регенерированного масла показатель КЗ был несколько выше. К концу этапа испытаний он соответствовал значению 2,85 против 2,34% у товарного нефтепродукта. Интенсивность роста показателя КЗ у обоих масел после 700 ч работы замедлялась. Далее его значение почти стабилизировалось (рисунок 2).

Загрязнение ММ грубодисперсными нерастворимыми соединениями исследовалось центрифугированием (ГОСТ 20684-75). Концентрация  $S_x$  нерастворимых в бензине (НРБ) продуктов (общих) в регенерируемом масле возрастала по экспоненте до значений 1,65% (рисунок 3). У него по зольным НРБ стабилизация концентрации  $S_3$  на уровне 0,44% наблюдалась уже через 750 ч работы масла.

Товарный нефтепродукт характеризовался максимальным загрязнением общими НРБ на уровне 1,56, зольными 0,32%, то есть содержание в этом ММ нерастворимых примесей было на 6-27% ниже, чем у регенерируемого масла (рисунок 3). Это указывает на более интенсивную карбонизацию регенерированного ММ.

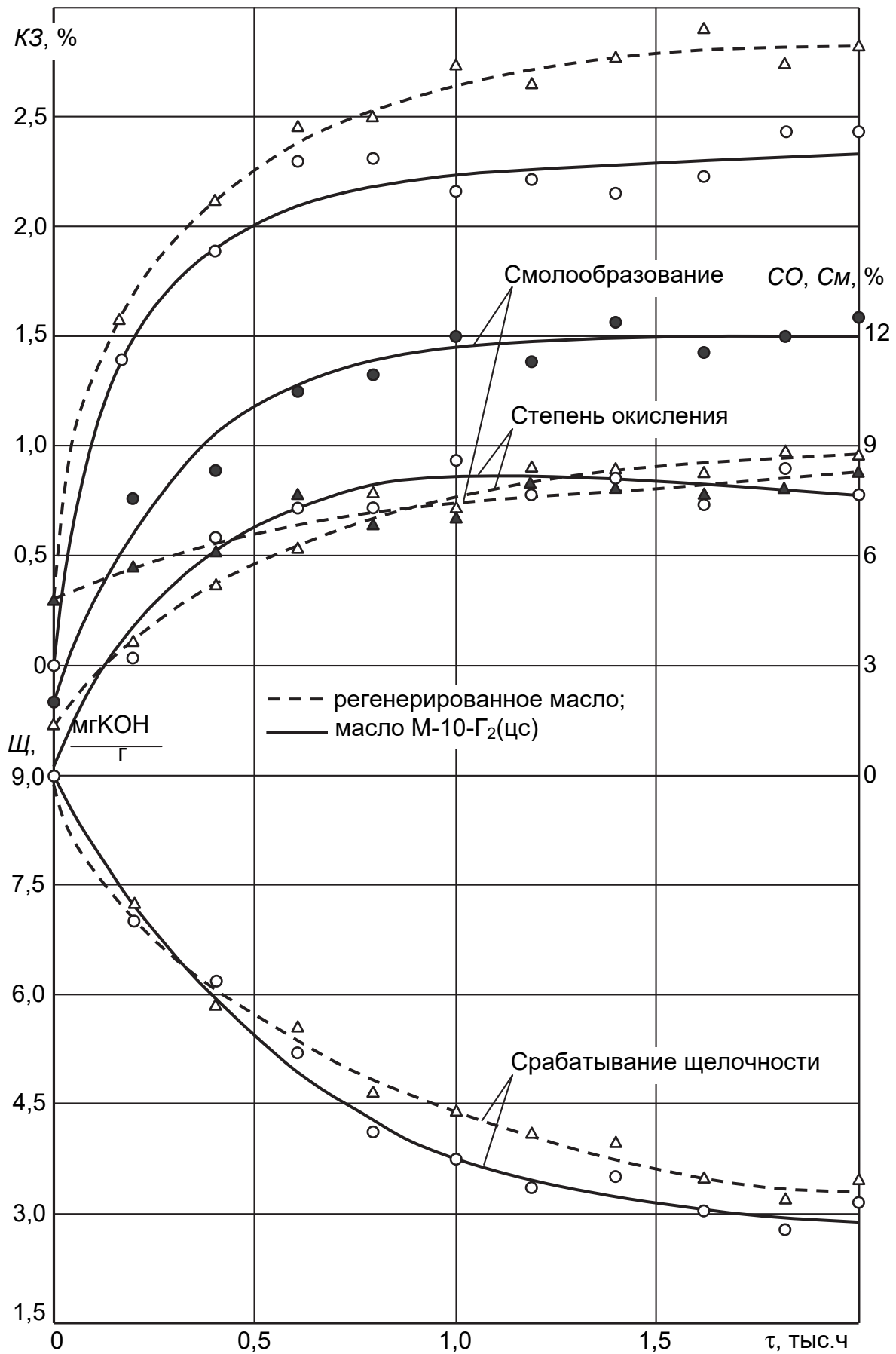


Рисунок 2 Кинетика старения регенерированного (восстановленного) и свежего масла М10Г<sub>2</sub>ЦС в дизеле 8ЧНСП18/22

Процесс срабатывания присадок контролировали потенциометрическим титрованием (ГОСТ 11362-96) по показателю щелочности масла  $\Sigma$ . У регенерированного масла за весь этап испытаний он был на 2-12% выше, чем у товарного продукта. Срабатывание щелочности (рисунок 2) проходило по экспоненциальной зависимости со стабилизацией  $\Sigma$  на уровне 2,9-3,3 мг КОН/г. При работе на дизельном топливе с содержанием серы до 0,5% этого запаса щелочности достаточно для нейтрализации органических кислот, образующихся в работающих маслах.

О высоком уровне диспергирующих и стабилизирующих испытываемых масел можно судить по среднему значению нерастворимых частиц дисперсной фазы, определяемых оптической микроскопией. Автоматизированный счет частиц показал, что средний размер их колеблется в пределах 0,3-1,8 мкм (рисунок 3). По мере срабатывания диспергирующих присадок показатель  $m_d$  растет, причем в основном после 1200 ч работы масел. По параметру  $m_d$  лучшие показатели у регенерируемого масла, что указывает на то, что запас диспергирующе-стабилизирующих свойств у него выше. Несмотря на более высокий уровень  $K_3$ ,  $C_x$  и  $C_3$  величина  $m_d = 0,4-1,6$  мкм у восстановленного масла довольно приемлемая для долго-работающего режима использования.

Кислотность масел  $K$ , по мере работы их в дизеле, росла по экспонентам и стабилизировалась после 1200 ч работы на уровне 2,8 и 3,7 мг КОН/г соответственно для товарного и регенерированного масел (рисунок 4). Коррозионной опасности для подшипников дизеля она не представляет, так как используемые ММ к концу имели довольно высокое значение  $pH = 6$ . Показатель  $K$  фиксировал не только органические кислоты, но и некоторые продукты срабатывания присадок, которые не поддаются нейтрализации. Поэтому ее значение было выше у регенерированного масла из-за меньшей скорости срабатывания присадок (см. падение щелочности на рисунке 2).

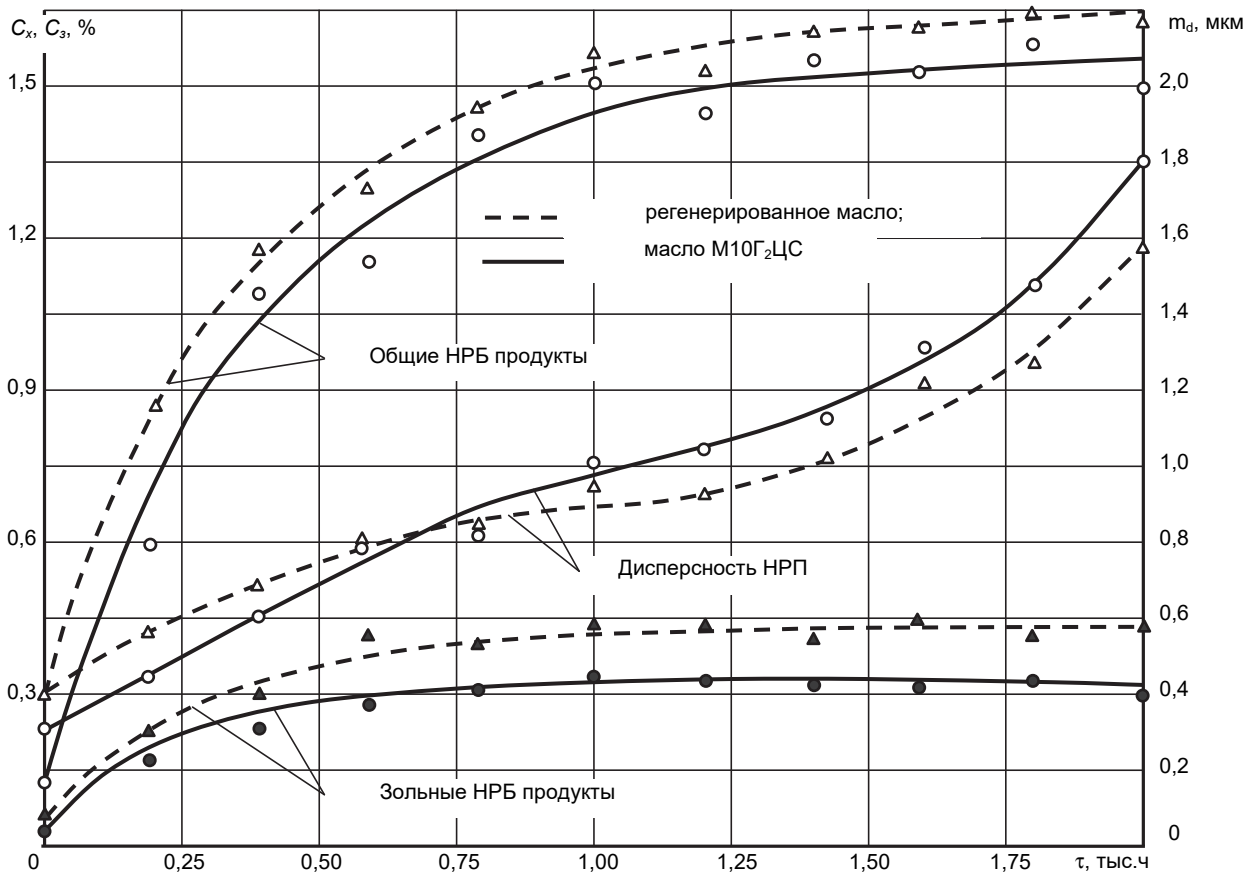


Рисунок 3 – Накопление НРП и изменение их дисперсности в сравниваемых маслах

Вязкость масел была стабильна в течение 1200 ч их работы. Уровень  $\nu$  находился в пределах 10,3-12,2 сСт. Усиление деструкции углеводородов и увеличение концентрации НРБ в промежутке 1500–2000 ч работы масел привел к небольшому повышению вязкости до

11,5 и 12,2 сСт соответственно для товарного и регенерированного нефтепродуктов (рисунок 4).

Оценка состояния масел в конечных пробах (таблица 3) показала удовлетворительное их состояние. Они пригодны для дальнейшего использования как минимум еще до 3000 ч. Отбраковка может наступить по содержанию присадок в активной форме. Снижение щелочности масел ниже 2,5 мг КОН/г для дизелей рассматриваемого уровня форсировки при  $p_{me} > 0,85$  МПа и температуре поршня в районе верхнего поршневого кольца 230 °С не допустимо.

Вторым параметром, лимитирующим срок службы рассматриваемых ММ, является ограничение по вязкости, вызываемое высоким значением КЗ и НРБ продуктов, что указывает на необходимость интенсификации его центрифугирования.

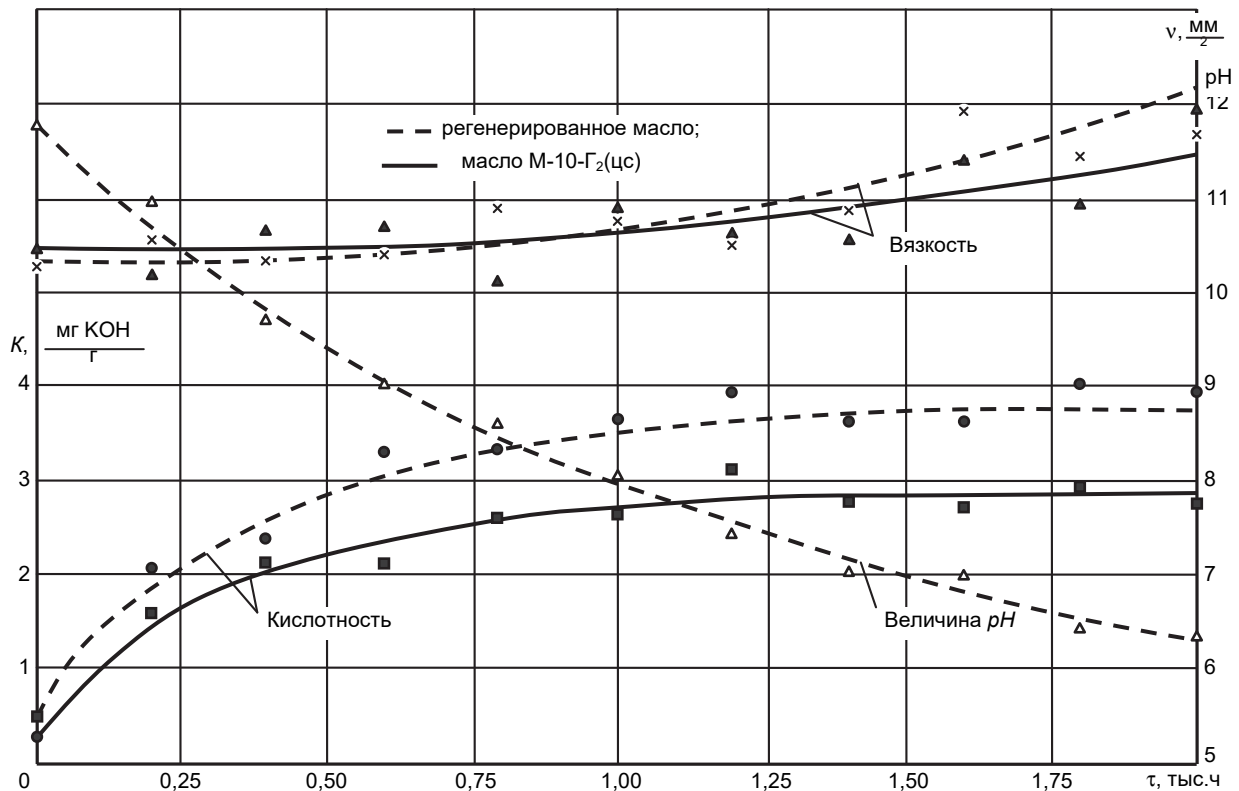


Рисунок 4 – Кинетика старения регенерированного и товарного масла в дизеле 8ЧНСП18/22

Для этого необходимо применение центрифуги пятого типоразмера с вместимостью ротора 1320 см<sup>3</sup>, фактором разделения 4500 и индексом производительности 40 м<sup>2</sup>. Опыт перевода на долгорботающий режим использования ММ этой группы, в том числе и регенерированного, представлен в монографии [3].

В целом, оценивая старение регенерированного и товарного масел, можно отметить довольно близкие их показатели почти по всем параметрам (таблица 3). С доверительной вероятностью 95% они находятся в одном поле рассеивания. Менее эффективная очистка регенерированного масла, как фильтром, так и центрифугами обусловлена его повышенной диспергирующей способностью. Для него характерна в большей мере карбонизация масла. В то время как, для товарного нефтепродукта свойственно старение в направлении смолообразования, которое сказывается на повышенном лакообразовании юбки поршней.

Температура вспышки рассматриваемого ММ к концу этапов испытаний повышалась до 228-230 °С, что указывает на отсутствие поступления топлива в систему смазки и испарения легкокипящих фракций из масел. Коэффициент их очистки комбинированным комплексом к моменту отработки 2000 ч находится в пределах 30-49%, что не достаточно для перевода масел в режим долгорботающего (безлимитного) использования. Срок службы фильтрующих элементов довольно высок. Он составляет 1600–1800 ч, что указывает на высокие диспергирующие и стабилизирующие свойства испытываемых масел.

Моторная эффективность масел по влиянию на состояние дизеля представлена в таб-

## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

лице 4. Анализ ее показывает незначительное (на 18-20%) преимущество регенерированного масла по влиянию на изнашивание коленчатого вала двигателя. Применение товарного продукта способствует снижению на 10-13% скорости изнашивания поршневых колец и цилиндрических втулок по сравнению с показателями при работе на РММ.

*Таблица 3 – Показатели, характеризующие процесс старения масел и работу маслоочистителей в дизеле 8ЧНСП18/22*

| Показатель   | Масло                     |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|
|  | свежее                    | восстановленное           |
| Концентрация НРБ продуктов, % масс.                    |                           |                           |
| – общие  | 1,56 ± 0,3                | 1,65 ± 0,3                |
| – зольные  | 0,32 ± 0,06               | 0,44 ± 0,07               |
| Диспергирующая способность, отн. ед.                   | 0,5 ± 0,06                | 0,6 ± 0,1                 |
| Щелочность, мг КОН/г                                   | 2,9 ± 0,4                 | 3,4 ± 0,5                 |
| Кислотность, мг КОН/г                                  | 2,8 ± 0,3                 | 3,7 ± 0,5                 |
| Значение pH  | 6,3 ± 0,6                 | 6,3 ± 0,6                 |
| Вязкость кинематическая при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с | 11,5 ± 0,9                | 12,2 ± 1,2                |
| Температура вспышки, °С                                | 228 ± 12                  | 230 ± 15                  |
| Средняя скорость накопления отложений, г/ч*            | (0,62 ± 0,12)/(0,9 ± 0,2) | (0,51 ± 0,04)/(0,8 ± 0,2) |
| Интенсивность очистки от НРБ продуктов, г/ч            |                           |                           |
| – общих*   | (11 ± 2)/(47 ± 9)         | (10 ± 0,2)/(42 ± 8)       |
| – зольных*   | (5 ± 1)/(21 ± 3)          | (4 ± 0,07)/(18 ± 2)       |
| Коэффициент очистки от НРБ продуктов, %                |                           |                           |
| общих  | 48,6 ± 8,3                | 45,5 ± 7,2                |
| зольных  | 33,2 ± 6,1                | 30,2 ± 5,3                |
| Срок службы ФЭ, тыс. ч                                 | 1,6 ± 0,7                 | 1,8 ± 0,21                |
| Грязеемкость ФЭ, кг                                    | 0,49 ± 0,08               | 0,42 ± 0,06               |

\*-в числителе приведены данные по фильтру, в знаменателе – по центрифугам

*Таблица 4 – Оценка износа и нагара в дизеле 8ЧНСП18/22 в период эксплуатационных испытаний*

| Показатель   | Масло            |                  |
|--|------------------|------------------|
|  | свежее           | восстановленное  |
| Скорость изнашивания:                                  |                  |                  |
| – первое поршневое компрессионное кольцо, мг/1000 ч    | 536 ± 67         | 580 ± 72         |
| – комплект маслосъемных колец, мг/1000 ч               | 2384 ± 105       | 2512 ± 126       |
| – комплект поршневых колец, мг/1000 ч (%)              | 4283 ± 182 (100) | 4901 ± 206 (114) |
| – цилиндрическая втулка, мкм/1000 ч (%)                | 13,4 ± 1,2 (100) | 15,2 ± 1,5 (113) |
| – вкладыши мотылевого подшипника, мг/1000 ч (%)        | 163 ± 14 (100)   | 134 ± 10 (82)    |
| – мотылевые шейки коленчатого вала, мкм/1000 ч (%)     | 8,9 ± 1,1 (100)  | 7,1 ± 0,8 (80)   |
| Нагаро- лакообразование на поршнях:                    |                  |                  |
| – днище поршня, балл                                   | 1,5 ± 0,2        | 1,6 ± 0,3        |
| – цилиндрическая поверхность над верхним кольцом, балл | 1,8 ± 0,3        | 1,7 ± 0,3        |
| – перемычки между кольцами, балл                       | 1,4 ± 0,1        | 1,5 ± 0,1        |
| – канавки компрессионных колец, балл                   | 0,7 ± 0,1        | 0,9 ± 0,1        |
| – маслосъемные кольца, балл                            | 2,1 ± 0,2        | 2,2 ± 0,2        |
| – юбка, балл   | 0,9 ± 0,2        | 0,9 ± 0,08       |
| – суммарная оценка, балл (%)                           | 8,4 ± 0,9 (100)  | 8,6 ± 0,9 (102)  |
| Подвижность поршневых колец:                           |                  |                  |
| – компрессионные, балл                                 | 1,7 ± 0,4        | 1,5 ± 0,3        |
| – маслосъемные, балл                                   | 0,8 ± 0,1        | 0,6 ± 0,07       |

Нагаро- и лакообразование на поршнях при использовании обоих масел одинаково. Незначительное преимущество у регенерируемого масла проявлено в подвижности поршневых



колец. Закоксовывание их не наблюдалось, хотя при работе на товарном масле подвижность колец была незначительно нарушена. Их перемещение в канавках было тугое.

Давая общую оценку работоспособности регенерированного восстановленного масла, можно отметить, что по основным эксплуатационным показателям оно не уступает товарному нефтепродукту. Его применение на т/х «Находкинский рабочий» в двигателях ДД103 и ДД104 показало возможность полного соблюдения регламента их обслуживания и моторесурса, задаваемого техническими условиями на эксплуатацию.

#### **Выводы.**

Сравнительные эксплуатационные испытания в дизеле 8ЧНСП18/22 товарного нефтепродукта М10Г<sup>2</sup>ЦС и отработанного ММ, регенерированного в установке РУМС-1 и восстановленного в судовых условиях легированием многофункциональными присадками до уровня группы Г2, показали: одинаковые эксплуатационные свойства их по влиянию на состояние двигателя и работу агрегатов системы смазки; скорость изнашивания основных трибосопряжений дизеля отличается не более чем на 20% от средних значений в сторону лучших показателей как при применении восстановленного, так и товарного масел; нагаро- и лакообразование дизеля в сравниваемых вариантах было одинаковым при незначительно лучшем состоянии юбки поршней при использовании восстановленного масла и поршневых канавок при работе на товарном нефтепродукте.

Направлением старения ММ, лимитирующим их срок службы, является загрязнение НРБ продуктами, коллоидное старение и срабатывание присадок. При низком угаре масел в пределах 1,2-1,4 г/(кВт·ч) и температурах поршней 230 °С основное направление старения товарного нефтепродукта заключается в интенсивном его смолообразовании. Для регенерированного нефтепродукта в этих условиях работы характерна карбонизация масла, сопровождаемая повышенным окислением с образованием нерастворимых продуктов, что благоприятно сказывается на подвижности поршневых колец.

Ресурсосберегающее маслоиспользование в форсированных дизелях при работе на товарном и регенерированном (восстановленном) маслах может быть достигнуто повышением эффективности комбинированной очистки их интенсификацией центрифугирования до фактора разделения 4500 при индексе производительности центрифуги не менее 35 м<sup>2</sup>.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 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.
- 2 Научные ответы на вызовы современности: техника и технологии: монография / В.В. Тарасов, Г.П. Кича и др. -Одесса: Куприенко СВ, 2016. -177 с.
- 3 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях: монография / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надеждин. -Владивосток: изд. Мор. гос. ун-та, 2011. -372 с.
- 4 Тарасов, В.В. Оценка эффективности использования регенерированного моторного масла в судовых дизелях / В.В. Тарасов // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2010. -№2. -С. 146-152.
- 5 Комплекс методов для исследования процесса старения масла в дизелях / Е.В. Данилова, О.А. Никифоров, А.Н. Турбина, В.А. Сомов // -Химия и технология топлив и масел. -1976. -№5. -С. 42-44.
- 6 Бенуа, Г.Ф. Сравнение процессов старения товарного и регенерированного моторных масел при работе в судовом дизеле / Г.Ф. Бенуа, Е.В. Данилова, Д.Г. Точильников // -Двигателестроение. -1979. -№11. -С. 46-48.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *ресурсосберегающее маслоиспользование, моторное масло, отработанное масло, регенерированное восстановленное масло, старение моторного масла, влияние масла на состояние двигателя, эксплуатационные испытания дизеля*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Кича Геннадий Петрович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*  
*Тарасов Валерий Васильевич, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*  
*Деревцов Евгений Михайлович, аспирант ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В СИСТЕМЕ SIMULATIONX

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

В.А. Смирнов, К.С. Синюгин

## MODELING OF DYNAMIC PROCESSES OF THE ROLLING STOCK ELECTRO-PNEUMATIC MACHINES IN SIMULATIONX SYSTEM

Omsk state transport university  
V.A. Smirnov, K.S. Sinyugin

The article presents the method of simulation of the rolling stock electro-pneumatic machines in SimulationX system.

Keywords: dynamic simulation, electric rolling stock, electro-pneumatic machines

Представлена методика имитационного моделирования электропневматических устройств подвижного состава в системе SimulationX.

Решение задач совершенствования конструкции, создания новых средств и методов контроля электрического оборудования подвижного состава связано с исследованием динамических процессов его работы в различных режимах и эксплуатационных условиях. Сложность описания динамических процессов электропневматических аппаратов подвижного состава обуславливается различной физической природой их составляющих, включающей в себя элементы газовой динамики, электромагнетизма, механики твердых тел. При этом общих аналитических выражений, описывающих протекание этих процессов для всех возможных конструкций аппаратов, не существует.

Одним из эффективных способов исследования динамических процессов для широкого класса объектов электрического оборудования подвижного состава (высоковольтные воздушные выключатели, групповые переключатели с пневматическим приводом, электропневматические контакторы и т.д.) является их компьютерное моделирование [1].

Для практической реализации компьютерной имитационной модели авторами использован междисциплинарный программный комплекс SimulationX, позволяющий производить моделирование, анализ и виртуальное тестирование сложных мехатронных систем, содержащих физические объекты механики (1D и 3D), приводной техники, электрические, гидравлические, пневматические и термодинамические системы, а также систем управления [2]. Имитационная модель строится на основе стандартных элементов библиотек системы SimulationX.

Рассмотрим методику моделирования и анализа динамических процессов электрических аппаратов подвижного состава на примере одного из наиболее сложных представителей – главного выключателя (ГВ) электровазозов переменного тока. На большинстве электровазозов и электропоездов переменного тока (ВЛ80С, ВЛ80Р, ВЛ85, ЭП1, ЭР9 и т.д.) в качестве

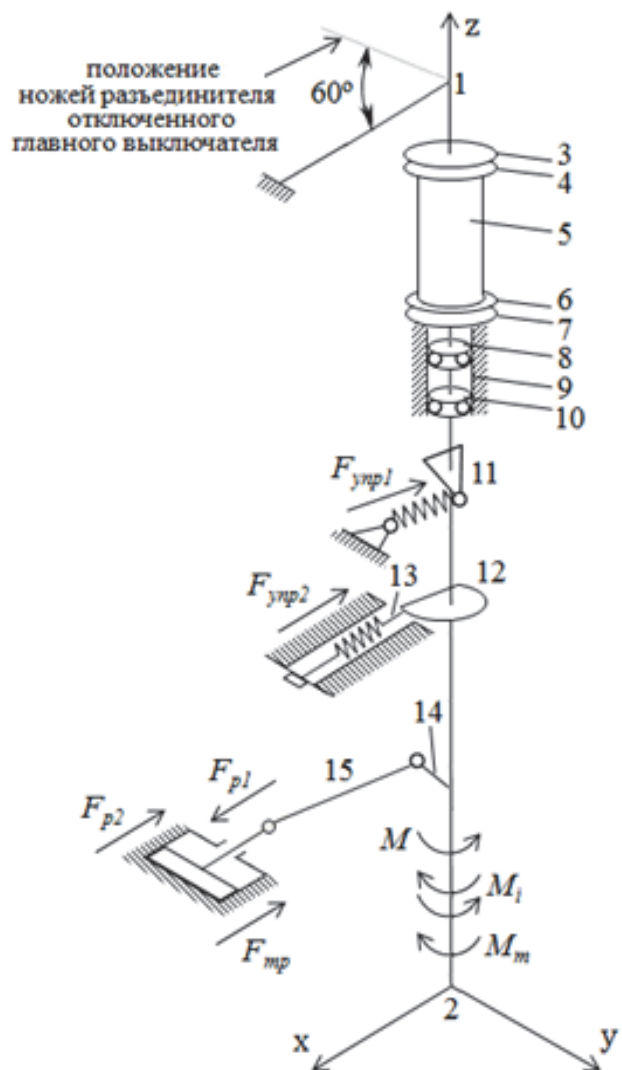


Рисунок 1 – Расчетная схема процесса включения ГВ

ГВ устанавливаются воздушные выключатели, в которых сжатый воздух используется и для привода выключателя, и для гашения дуги, образующейся на контактах при их размыкании [3].

Основой для построения динамической имитационной модели служит расчетная кинематическая модель выключателя, на которой отражаются основные элементы конструкции (рычаги, шарниры, поршни, упругие элементы, контакты и т.д.), силы и моменты сил, возможные перемещения звеньев и геометрические параметры. Числовые значения параметров задаются на основе данных конструкторской документации и предварительных физических исследований (например, жесткости упругих элементов, диаметры отверстий).

В качестве примера на рисунке 1 показана расчетная схема процесса включения ГВ. Рассмотрим ее более подробно.

После открытия включающего клапана сжатый воздух поступает в штоковую полость цилиндра. Под действием силы давления сжатого воздуха  $F_{p1}$  поршень начинает перемещаться в левую сторону. Сила давления  $F_{p2}$  воздуха, не успевающего выйти из бесштоковой полости цилиндра, замедляет скорость перемещения поршня. Трение в местах уплотнения поршня и штока, а также возможный перекосяк подвижных частей привода под действием их веса, представлены силой трения  $F_{mp}$ . Сила  $F_{p1}$ , через шток и звено 15, воздействует на рычаг 14, тем самым, создавая на валу 1-2 (валу разъединителя) и жестко связанных с ним элементах моменты сил. На схеме (рисунок 1) они объединены в результирующий момент  $M$ .

Составляющими суммарного момента сил инерции  $M_i$  являются моменты сил инерции вала 1-2, ножей разъединителя, муфт 3, 4, 6, 7, поворотного изолятора 5 и рычага 13. До угла  $30^\circ$  момент силы, создаваемый путем воздействия силы упругости  $F_{упр1}$  пружины доводящего механизма на рычаг 11, противоположно направлен вращению вала 1-2. Также противодействует результирующему моменту  $M$  момент трения вращения  $M_m$ . Поскольку при повороте вала 1-2 между ним и радиальными шариковыми подшипниками 8 и 10 возникает трение качения, а втулка 9 и опирающаяся на нее муфта 7 создают трение скольжения.

При повороте вала 1-2 на  $20^\circ$  включающий клапан закрывается, и сжатый воздух выходит из штоковой полости цилиндра. Поворот на следующие  $10^\circ$  происходит за счет инерции подвижных частей пневмопривода, вала 1-2 и жестко связанных с ним элементов, то есть у суммарного момента сил инерции  $M_i$  и у моментов, созданных силами инерции, меняется направление вращения. После преодоления  $30^\circ$  у момента силы  $F_{упр1} \cdot l_{11}$  (длина рычага 11) меняется направление, и он становится основным источником вращения вала 1-2 до конца поворота.

В свою очередь у суммарного момента сил инерции  $M_i$  и у моментов, созданных силами инерции, меняется направление как, только момент силы  $F_{упр1} \cdot l_{11}$  становится больше их суммы. После  $40^\circ$  кулачок 12 воздействует на стержень 13, тем самым, сжимая пружину удерживающей катушки с силой  $F_{упр2}$ . При условии снижения угловой скорости вала 1-2 в интервале поворота от  $40^\circ$  до  $60^\circ$ , у суммарного момента сил инерции  $M_i$  и у моментов, созданных силами инерции, снова поменяется направление.

Таким образом, функциональная зависимость угла поворота вала разъединителя от времени является кусочной и нелинейной, что учитывается при построении компьютерной модели (рисунок 2).

Отдельные узлы и детали ГВ представляют собой стандартные элементы модели, выбираемые по предлагаемой ниже классификации (таблица). Каждый класс элементов обладает фиксированным набором характеристик и свойств, учитывающих особенности конструкции и условий эксплуатации того или иного аппарата.

Рассмотренная имитационная модель позволяет исследовать динамические процессы при включении ГВ, оценить такие важнейшие параметры его работы как время включения выключателя, угол поворота и наибольшая угловая скорость вала разъединителя, падение давления в резервуаре при закрытой питающей воздушной магистрали, силу нажатия ножей разъединителя на контакты.

На рисунках 3-5 представлены результаты имитационного моделирования процесса включения ГВ ВОВ-25В электровоза ВЛ80С.

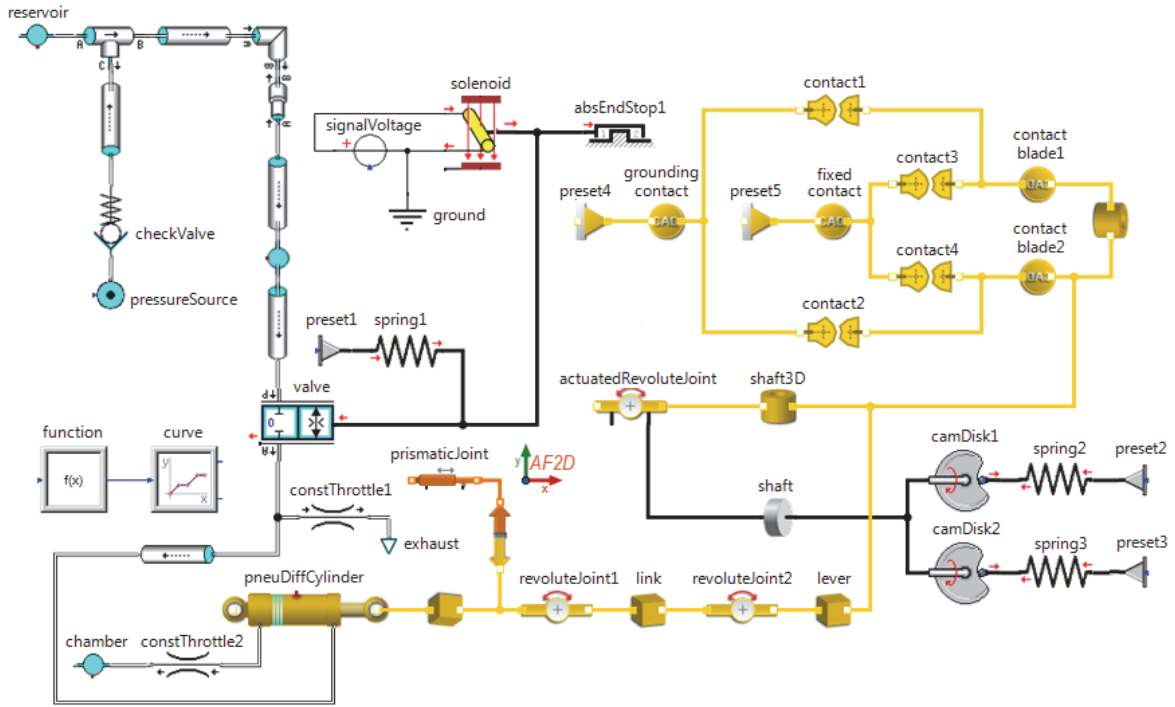




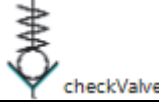

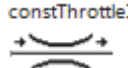


Рисунок 2 – Модель процесса включения ГВ в системе SimulationX

Таблица – Основные классы узлов и деталей электропневматических аппаратов подвижного состава и их представление в системе SimulationX

| Наименование узла или детали                                      | Представление в системе SimulationX |
|---|-------------------------------------|
| Источник управляющего сигнала                                     |                                     |
| Электромагнитные вентили (выключающего типа и включающего типа)   |                                     |
| Источник сжатого воздуха (пневматическая магистраль электро-воза) |                                     |
| Поршневой пневматический привод электрического аппарата           |                                     |
| Линейный пневматический привод группового переключателя           |                                     |
| Вал привода аппарата  |                                     |
| Механическая связь звеньев аппарата (неподвижная или шарнирная)   |                                     |
| Кулачковая шайба группового переключателя                         |                                     |
| Ролик   |                                     |

Продолжение таблицы

| Наименование узла или детали                           | Представление в системе SimulationX   |
|--|---|
| Притирающая или включающая пружина                     |  |
| Контактное взаимодействие между элементами конструкции |  |
| Неподвижная опора, элемент фиксации                    |  |
| Пневматический канал                                   |  |
| Обратный клапан  |  |
| Ограничитель поступательного перемещения               |  |
| Дроссель   |  |

Как видно из графика, угол поворота вала разъединителя (shaft) составил порядка  $60^\circ$  и находится в допустимом интервале  $60 \pm 1^\circ$ , время включения ГВ составляет около 0,104 с, что удовлетворяет допуску на максимальное время включения (не более 0,14 с, [4]).

Характер изменения сил и моментов при повороте shaft, также приближен к реальному, то есть при достижении  $20^\circ$  прекращается питание элемента solenoid (катушки) и valve (включающий клапан) закрывается. Дальнейший поворот до  $30^\circ$  осуществляется за счет сил инерции и моментов сил инерции элементов модели, а после преодоления  $30^\circ$  с помощью spring3 (доводящего механизма). Воздействие элемента spring3 на shaft после  $30^\circ$  отчетливо видно на рисунке 4 в качестве повторного повышения угловой скорости.

Визуально из графика данного рисунка видим, что максимум угловой скорости shaft (вала разъединителя) находится в требуемом интервале 720-880 град/с, [4]. В качестве подтверждения этого и уточнения максимального значения на рисунке 5 представлена, увеличенная в масштабе, верхняя часть графика.

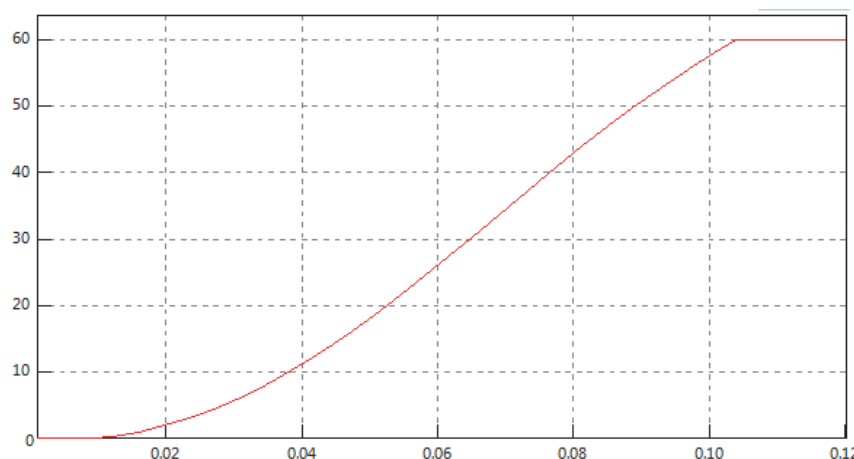


Рисунок 3 График угла поворота вала разъединителя

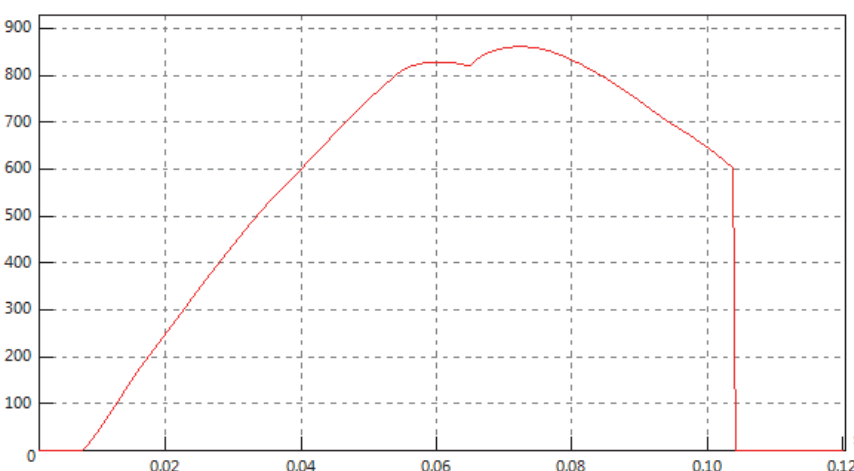


Рисунок 4 – График угловой скорости shaft



Сравнение полученных результатов со значениями допустимых отклонений параметров, установленных в нормативно-технической документации, позволяет сделать вывод об адекватности предложенной модели и способа имитационного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5 / Ю.Г. Карпов. - С.Петербург, 2006. -400 с.  
 2 Режим доступа: <http://www.Simulation.com>.  
 3 Быстрицкий, Х.Я. Устройство и работа электровозов переменного тока. 4-е изд., перераб. и доп. / Х.Я. Быстрицкий, З.М. Дубровский, Б.Н. Ребрик. -М.: Транспорт, 1982. -456 с.  
 4 Технологическая инструкция. ПКБ ЦТ.25.0084. Техническое обслуживание и ремонт главного выключателя ВОВ254М электровозов переменного тока. -ПКБ ЦТ ОАО «РЖД», 2011 г. -58 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** динамическое имитационное моделирование, электрический подвижной состав, электропневматические аппараты  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Смирнов Виктор Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»  
 Синюгин Кирилл Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 644046, г.Омск, пр.К.Маркса, 35, ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

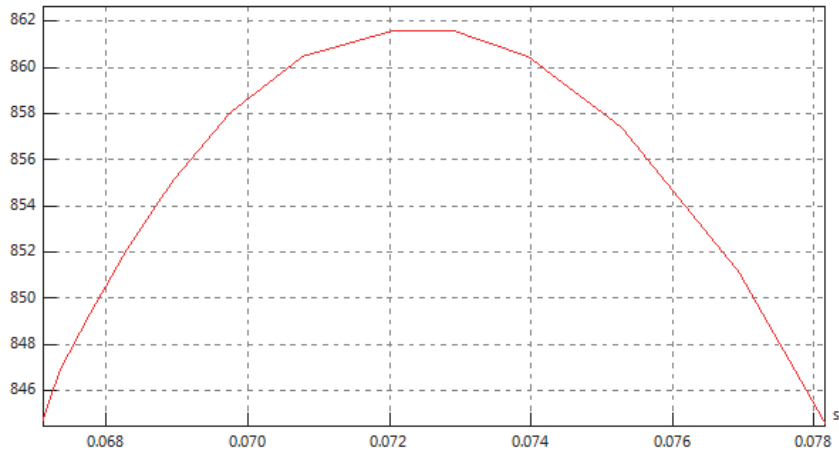


Рисунок 5 – Уточнение максимальной угловой скорости shaft

**О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ СУДОВЫХ СИСТЕМ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.П. Глушков, Г.А. Долгополов, Б.О. Лебедев

**MAINTENANCE OF SHIP SYSTEMS**  
 Siberian state university of water transport  
 S.P. Glushkov, G.A. Dolgopolov, B.O. Lebedev

The advantages of ship pipelines from plastics. It is shown that the existing regulatory constraints do not allow full use of plastic piping on riverboats.

Keywords: pipelines vessel, plastic, regulatory requirements

Перечислены преимущества судовых трубопроводов из пластмасс. Показано, что действующие нормативные ограничения не позволяют в полной мере использовать пластмассовые трубопроводов на речных судах.

Кафедра Термодинамики и судовых энергетических установок изучает использование на речном транспорте в судовых системах трубопроводов из пластмасс. В связи с этим подробно рассматриваются нормативные требования к созданию, использованию и обслуживанию судовых систем.

Российский Речной Регистр (РРР) при использовании гибких соединений трубопроводов устанавливает следующие требования [1]:

- тип и конструкция гибких соединений должны быть одобрены РРР;
- материал гибких соединений должен быть выбран с учётом применяемых жидкостей, давлений, температур и окружающих условий;
- в случае применения в трубопроводах топлива, масла и воспламеняющихся жидкостей гибкие соединения должны быть огнестойкого типа;
- при определении толщины стенок труб, значения допускаемых напряжений должны быть согласованы с РРР;
- крепление трубопроводов должно осуществляться таким образом, чтобы оно не являлось причиной возникновения в трубопроводах чрезмерных напряжений от тепловых расширений, деформаций и вибраций;
- гибкие соединения должны иметь на концах фланцы или штуцеры; применение хому-

тов является предметом специального рассмотрения;

- должна быть предусмотрена возможность отключения гибких соединений клапанами в системах топливной, масляной, сжатого воздуха и водяного охлаждения для замены в случае повреждения;

- в местах прохода труб через непроницаемые переборки и палубы, ограничивающие непроницаемые отсеки, должны устанавливаться клапаны с приводом, выведенным выше палубы надводного борта; клапаны должны быть из стали или другого равноценного по огнестойкости материала;

- трубы трубопроводов классов I и II, а также все трубопроводы паровые, питательные, сжатого воздуха и топливной системы с расчётным давлением  $p$  более 0,35 МПа после изготовления и окончательной обработки (но до изоляции и нанесения покрытий) должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям пробным давлением  $p_{пр} = 1,5p$ ;

- испытания пробным давлением труб диаметром менее 15 мм могут не производиться с учётом назначения труб;

- в любом случае напряжения, возникающие при гидравлических испытаниях, не должны превышать 0,9 предела текучести материала при температуре испытания;

- разрывное давление гибких соединений должно превышать расчётное давление не менее чем в 4 раза;

- если по техническим причинам не представляется возможным полностью гидравлические испытания трубопроводов до установки на судно, то Регистру должны быть представлены предложения по испытанию отдельных участков, в особенности монтажных соединений;

- все трубопроводы после сборки их на судне должны быть испытаны на плотность в рабочих условиях, за исключением: змеевиков подогрева и трубопроводов жидкого и газообразного топлива, которые должны быть испытаны пробным давлением  $p_{пр} = 1,5p$ , но не менее 0,4 МПа; трубопроводов сжиженного газа, которые должны быть испытаны на плотность (воздухом, галоидами и т.п.) давлением, устанавливаемым в зависимости от применяемого метода контроля;

- если гидравлические испытания трубопроводов в сборе выполняются на судне, испытания на плотность и прочность могут быть совмещены;

- испытания воздушных, переливных и измерительных труб должны производиться вместе с цистернами, к которым они подведены;

- в случае применения гибких соединений в системах, подлежащих техническому наблюдению Регистра, на судне должен находиться комплект запасных гибких соединений по одному на каждый тип и размер.

Техническая эксплуатация, осуществляемая экипажем судна, должна включать поддержание судовых технических средств и конструкций в исправном техническом состоянии [2].

Судовые трубопроводы являются объектами технического наблюдения, на которые распространяется безразборное освидетельствование с применением следующих переносных средств диагностирования и неразрушающего контроля (в отношении замера толщин и определения дефектов [3]):

- виброметр-анализатор ВШВ-003 с датчиками ДН-3 и ДН-4 с магнитными креплениями до частоты 3000 Гц;

- измерители ударных импульсов ИСП-1 и ИСП-1В;

- толщиномер УТ9311;

- эндоскопы ЭЛЖ-6,5-500.900 и ЭЛЖ-16-1250.90.

Подготовка к работе и работа систем трубопроводов при отсутствии штатных приборов запрещается. После ввода в действие (пуска) этих систем проверяются показания всех контрольно-измерительных приборов и дистанционных устройств. При этом необходимо также убедиться в отсутствии ненормальных шумов, стуков и вибрации.

Ответственные участки трубопроводов периодически подвергаются экипажем дефектоскопическому контролю. Номенклатура таких участков устанавливается заводом-изготовителем или судовладельцем на основании опыта эксплуатации однотипных судов. Так находятся районы трубопроводов, которые подвержены образованию трещин, деформаций или коррозии. Поэтому на борту судна должны быть в наличии подробные инструкции, содержащие требования по эксплуатации, безопасности и техническому обслуживанию трубопроводов и объектов, в которые они входят. Периодичность контроля судовых трубо-

проводов устанавливается в зависимости от многих факторов и в первую очередь от наличия средств диагностирования.

В общем случае объем диагностирования трубопроводов состоит из операций:

- прослушивание объекта при помощи стетоскопа;
- выборочный контроль остаточных толщин стенок труб с использованием приборов неразрушающего контроля;
- контроль прогиба труб;
- контроль температуры и удлинения трубопроводов;
- усиленный контроль трещин при помощи течеискателей;
- производство металлографических исследований;
- дефектоскопия всех деталей систем трубопроводов.

После установки на судне новых объектов должны проводиться испытания, предписанные при их изготовлении и установке на судне. Кроме того, на вновь устанавливаемые объекты на судно должны быть предъявлены документы на изделия о техническом наблюдении Регистра за их изготовлением.

Судовым металлическим трубопроводам требуется также быть разборными, если зимой ударить по трубопроводу кувалдой, то стальной скорее всего выдержит, а пластмассовый – нет. Но нужны ли нам столь жесткие методы разборки-сборки? В современных условиях всё меньше затрат отводится на зимний отстой.

Конечно, уход на зимний отстой издавна требовал больших профилактических работ. В пределе – это разборка, дефектация и сборка оборудования. Непосредственное периодическое освидетельствование – это самый точный метод определения технического состояния. Но он имеет два больших недостатка: снижение ресурса из-за демонтаж-монтажных работ и дороговизна.

На речных судах, находящихся в эксплуатации больше полувека, начинать устанавливать пластмассовые трубопроводы возможно не целесообразно. Но если в Западной Европе пластмассовыми трубопроводами оборудованы 60% судов, то это обстоятельство необходимо принимать во внимание и убедительно обосновывать будущее судовых систем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Российский Речной Регистр. Правила в 4-х томах. -М.: «По Волге», -2002.
- 2 РД 31.21.30-97. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций.
- 3 РД 31.20.50-87. Методика определения технического состояния судовых трубопроводов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *судовой трубопровод, пластмасса, нормативные требования*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Глушков Сергей Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Долгополов Геннадий Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Лебедев Борис Олегович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Г.А. Долгополов, В.В. Коновалов, Б.О. Лебедев**

**USE IN SHIP PLASTICS PIPING SYSTEMS**  
Siberian state university of water transport  
G.A. Dolgoplov, V.V. Konovalov, B.O. Lebedev

A review of the market of plastic piping. The advantages of using plastic pipes to the river fleet.

*Keywords: plastic pipes, ship systems*

Выполнен обзор рынка пластмассовых трубопроводов. Рассмотрены преимущества использования трубопроводов из пластмасс на речном флоте.

Возможность использования на речном транспорте в судовых системах пластмассовых трубопроводов сдерживается многими нормативными документами (государственными стандартами и санитарными правилами). Также пластмассовые трубопроводы не приемлют жестких методов разборки/сборки, и обладают ненужной гибкостью; повышенной диффузи-

онностью; и имеют низкую огнестойкость.

Действительно, судовым металлическим трубопроводам требуется быть разборными, а пластмассовые трубопроводы служат без разборки до 50 лет. Конечно, уход на зимний отстой издавна требовал больших профилактических работ. В пределе – это разборка, дефектация и сборка оборудования. Но в современных экономических условиях такие операции становятся более затратными.

Вся история совершенствования пластмассовых трубопроводов была направлена на устранение их ненужной гибкости и в настоящее время эта проблема решается в процессе изготовления. Так, армирование снижает коэффициент линейного температурного расширения, придает трубе необходимую жесткость, благодаря чему при горизонтальной прокладке не происходит провисания трубы, что улучшает эксплуатационные свойства трубопровода и позволяет уменьшить количество креплений. К армированным относятся трубы из линейного полиэтилена, сшитого полиэтилена, композитов из полиэтилена и полипропилена и многое другое.

Важным недостатком пластмасс для трубопроводов считалась их диффузионность. Но в настоящее время изготавливаются многослойные пластмассовые трубопроводы, в которых один слой является антидиффузионным. К ним относятся композитные (металлополимерные) трубы, снижающие кислородопроницаемость до нормативной величины и объединяющие достоинства пластмассовых и металлических труб в одном материале. Большинство композитных труб представляет собой комбинацию: сшитый полиэтилен – алюминий.

Недостатком пластмасс для трубопроводов считалась также их низкая огнестойкость. По Правилам Российского Речного Регистра (РРР) гибкие соединения, применяемые в трубопроводах топлива, масла и воспламеняющихся жидкостей, должны выдерживать температуру 800 °С в течение 30 минут и сохранять непроницаемость при последующем его испытании расчётным давлением. Негорючими считаются поливинилхлорид и хлорированный поливинилхлорид – жесткие химически стойкие материалы, используемые в основном в технологических трубопроводах. Напорные трубы из непластифицированного поливинилхлорида изготавливаются в России по ГОСТ Р 51613-2000. Эти трубы обладают более низким коэффициентом линейного теплового расширения по сравнению с трубами из перечисленных выше материалов. К сожалению, удовлетворять Правилам РРР (нагрев до 800 °С) вряд смогут какие-либо трубопроводы. По этой причине пластмассовые трубопроводы для топливных и масляных систем должны быть особой конструкции.

Из всего сказанного следует, что невозможно подобрать единый тип пластмассового трубопровода для всех судовых систем. Однако есть компании, которые выпускают широкую номенклатуру пластмассовых трубопроводов и соединений к ним, что представляет интерес для судовой техники. В 2003 году компания «Вефа Пластик» получила сертификат Ллойда, подтверждающий, что трубопроводы марки «Вефатерм» диаметрами до 125 мм могут использоваться в системах морских пассажирских судов с температурой теплоносителя до 95 °С.

В настоящее время промышленность Западных стран выпускает пластмассовые трубопроводы и соединительные детали к ним, отвечающие всем потребностям любой техники. В России работают несколько десятков крупных заводов, где используются зарубежные разработки или создаются свои.

ООО «Техстрой» имеет центральный офис в Новосибирске, производит продукцию на территории России и реализует её уже 15 лет в десятке городов. По объёму производства фирма находится на втором месте в России. «Техстрой» имеет 14 высокопроизводительных современных линий, закупленных у ведущей немецкой компании, и является дилером зарубежных компаний. Он выпускает трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД) и полиэтилена высокого давления (ПВД) диаметром от 20 мм. Эти трубы предназначены для транспортировки воды, сжатого газа и маслянистых веществ. Они доказали свою эффективность также для подводных и плавающих трубопроводов. В качестве изделий повышенной прочности разработаны и изготавливаются трубы полиэтиленовые (ПЭ) из нескольких слоёв с защитной оболочкой. Изготавливаются также термостойкие полиэтиленовые трубы, выдерживающие до 90 °С (или до 110 °С в течение некоторого времени) и безотказные при механическом воздействии. В процессе производства осуществляется непрерывный ультразвуковой контроль диаметра трубы и толщины её стенок. Кроме труб имеется также производство сварочного оборудования и соединительных деталей. Вся продукция «Техстроя» соответствует требованиям ISO 9001.

Гибкие трубопроводы широкого ассортимента выпускает компания «ТВЕЛ ИЗОПЭКС». Её завод Полимерных труб находится в Ленинградской области, а в г. Новосибирске есть представительство.

Германская компания WEFATHERM выпускает пропиленовые трубы, имеет офис ООО «Вефа-Грин» в Санкт-Петербурге, партнёром которой в Новосибирске является ООО «Энергосбережение».

Компания «Рус-Альянс» производит и продаёт в Новосибирске трубы из пенополиуретана (ППУ), состоящие из предизолированной трубы (изготовленной из компонентов ППУ), покрытой теплоизоляцией из ППУ в виде скорлупы.

Компания «Госткомплект» (г. Казань) осуществляет оптовые продажи полиэтиленовых труб ПЭ80-ПЭ100 на рынок России от ведущих производителей мира и выполняет полный цикл работ по строительству трубопроводных систем. Она разработала новый способ соединения полиэтиленовых труб. Её продукция отвечает всем необходимым стандартам качества и имеет сертификаты соответствия.

Основное достоинство пластмассовых трубопроводов – отсутствие коррозионно-эрозийных отложений. В пластмассовых трубопроводах шлам не только не образуется, но и не оседает, пришедший из других мест. Пластмассовые трубопроводы удобнее и дешевле сваривать. К ним относятся композитные (металлополимерные) трубы, снижающие кислородопроницаемость до нормативной и объединяющие достоинства пластмассовых и металлических труб в одном материале. Большинство композитных труб представляет собой комбинацию: сшитый полиэтилен-алюминий.

Пластмассовые трубопроводы имеют ряд преимуществ, которые могут проявляться в процессе эксплуатации судовых систем: они не подвержены коррозии, не образуется накипь на внутренней поверхности, не требуют специальной обработки мастиками, их стоимость и монтаж обходятся примерно в два дешевле металлических.

За счет своих уникальных свойств большую популярность во всем мире завоевали полиэтиленовые трубы. Они очень легкие, просто монтируются и имеют гарантируемый срок эксплуатации не менее 50 лет. Предел текучести этих труб высокий в сравнении с другими типами труб различных материалов. Полиэтиленовые трубы изготавливаются отечественными и зарубежными предприятиями из полиэтилена низкого давления (для водопроводов) и высокого давления (для газопроводов). Трубы имеют разный диаметр и соответствуют отечественным стандартам. Изготовленная труба наматывается в бухту или разрезается на куски. На объектах полиэтиленовые трубы монтируются методом сварки встык. В последнее время большим спросом пользуется ПВД, получаемый из этилена путем полимеризации при высоком давлении и температуре.

Разработка конкретных систем пластмассовых трубопроводов включает:

– прочностные и технологические расчёты, с учётом воздействия на патрубки насосов и компрессоров и на штуцеры аппаратов;

– вибродиагностику трубопроводов, внедрение рекомендаций по снижению вибрации;

– диагностику технического состояния и определение остаточного ресурса оборудования и трубопроводов с разработкой необходимых рекомендаций по продлению срока службы;

– разработку нормативно-технической документации;

Установка и контроль систем пластмассовых трубопроводов включает:

– поставку необходимого оборудования;

– авторский надзор при осуществлении строительных работ, монтаже и пуско-наладке оборудования;

– обследование действующего объекта с выдачей рекомендаций по объемам реконструкции для достижения поставленных целей;

– государственные экспертизы изготовленного и функционирующего оборудования;

– разработка деклараций о намерениях строительства новых систем.

Но в настоящее время нет однозначного ответа на вопрос – нужны ли пластмассовые трубопроводы на эксплуатирующихся речных судах?

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пластмассовые трубопроводы, судовые системы*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Долгополов Геннадий Александрович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Коновалов Валерий Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Лебедев Борис Олегович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИСТОРНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.В. Дёмин, А.С. Будкин, Б.В. Палагушкин, Е.Г. Алаев,  
С.В. Ивашкин, А.Ю. Кузнецов

### METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS RESISTIVE LOAD DEVICE

Siberian state university of water transport

Yu.V. Demin, A.S. Budkin, B.V. Palagushkin, E.G. Alaev, S.V. Ivashkin, A.Yu. Kuznetsov

The article examines options of settlement load devices.

Keywords: resistive load devices, resistors of metal alloys

Исследованы возможные варианты резисторных нагрузочных устройств.

Для проводов типа АС различных сечений, соответствующих классов напряжений были определены предельные длины обогреваемых линий в зависимости от значений токов профилактического нагрева проводов при допустимых потерях напряжения  $\Delta U = 10-15\%$ , коэффициенте мощности  $\cos \varphi = 0,85; 1,0$ . Расчеты были произведены для двух расчетных метеоусловий ( $T = -2^\circ\text{C}; V = 4 \text{ м/с}; T = -5^\circ\text{C}; V = 5 \text{ м/с}$ ) и при включенном резисторное нагрузочное устройство (РНУ) в конце линии. Исследования показали, что значения предельных длин ( $L$ ), токов профилактического нагрева ( $I_{np}$ ) и мощности ( $P$ ) колеблются для проводов разных марок и напряжений в пределах:

- 6 кВ:  $L = 2,9-6,7 \text{ км}; I_{np} = 55-135 \text{ А}; P = 0,47-1,4 \text{ мВт};$
- 10кВ:  $L = 4,8-11,2 \text{ км}; I_{np} = 75-150 \text{ А}; P = 1,1-2,6 \text{ мВт};$
- 35кВ:  $L = 17,9-26,1 \text{ км}; I_{np} = 95-325 \text{ А}; P = 4,86-19,7 \text{ мВт};$
- 110кВ:  $L = 51,2-82 \text{ км}; I_{np} = 115-440 \text{ А}; P = 18,7-83,7 \text{ мВт}$

Предельные длины линий при профилактике гололёда рассчитаны для тросов сечением  $35\text{мм}^2; 50\text{мм}^2; 70\text{мм}^2$ . Рассматривались 3 схемы профилактического прогрева; «трос-трос», «трос-земля» и «2 троса-земля» для ВЛ разных напряжений.

Наименьшие значения получены для  $I = 65-87 \text{ А}; T = -5^\circ\text{C}$  и  $V_B = 5 \text{ м/с}$ , а наибольшие для расчетов условий:  $I = 45-60 \text{ А}, T = -2^\circ\text{C}$  и  $V_B = 4 \text{ м/с}$ :

- 6кВ: «трос-трос» 8,7/15-12/18,5, «трос-земля» 17/29,5-23,2/36; «2 троса-земля» 16,8/28,8-23/35,2;
- 10кВ: «трос-трос» 14,5/24,9-19,9/30,7, «трос-земля» 28,3/49,1-38,5/59,8, «2 троса-земля» 27,9/48-38/58,4;
- 35кВ: «трос-трос» 50,7/87,5-70/108, «трос-земля» 99,1/172,1-135/210, «2 троса-земля» 98/168-134/205;
- 110кВ: «трос-трос» 159/275-220/339, «трос-земля» 311,7/540-425/660, «2 троса-земля» 308/528-421/645.

По результатам расчетов определены сопротивления РНУ. При определении этих параметров рассматривался предельно возможный случай – обогрев воздушной линии (ВЛ), работающей до включения РНУ на холостом ходу (таблица).

Вторым техническим ограничением, влияющим на выбор параметров в РНУ, является нагрузочная способность задействованного оборудования.

Нагрузочная способность оборудования питающего РНУ подстанций должна обеспечивать передачу суммарной мощности нагрузки и мощности РНУ при допустимой перегрузке этого оборудования. В общем виде указанное требование формулируется в виде

$$|S_H + P_{рну}| \leq S_y K_n, \quad (1)$$

где  $S_H + P_{рну}$  – мощность нагрузки и РНУ;

$S_y$  – установленная мощность оборудования;

$K_n$  – допустимый коэффициент перегрузки оборудования в послеаварийном режиме.

Таблица – Электрические сопротивления РНУ (ислитель – расчетные условия  $T = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V = 5\text{ м/с}$ ; знаменатель – расчетные условия  $T = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V = 4\text{ м/с}$ )

| Марка провода | Электрическое сопротивление, Ом |                    |                    |                     |
|---------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|               | $U = 6\text{ кВ}$               | $U = 10\text{ кВ}$ | $U = 35\text{ кВ}$ | $U = 110\text{ кВ}$ |
| АС-16         | 49,4/63                         | –                  | –                  | –                   |
| АС-25         | 31,4/46                         | 52,5/77,1          | –                  | –                   |
| АС-35         | 25,6/36,4                       | 42,8/60,8          | 149/213            | –                   |
| АС-50         | –                               | 38,5/50,2          | 135/176            | 424/553             |
| АС-70         | –                               | –                  | 100/144            | 318/454             |
| АС-95         | –                               | –                  | 80/115             | 254/363             |
| АС-120        | –                               | –                  | 72,7/103           | 231/326             |
| АС-150        | –                               | –                  | 61,5/88            | 196/276             |
| АС-185        | –                               | –                  | –                  | 170/249             |
| АС-240        | –                               | –                  | –                  | 144/227             |

Необходимость поддержания частоты в энергосистеме при коммутациях РНУ является третьим важным требованием. Включение РНУ в электрическую сеть будет сопровождаться изменениями частоты, поскольку не предполагается в схеме РНУ иметь переключающего устройства, регулирующего его мощность под нагрузкой. Постоянная времени изменения частоты  $T_{\omega}$  зависит от ряда факторов и определяется по следующей формуле

$$T_{\omega} = \frac{P_{\text{э.ном}} T_M}{K P_H}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{э.ном}}$  – суммарная номинальная мощность работающих генераторов;

$P_H$  – мощность нагрузки (с учетом наброса мощности) при номинальной частоте;

$T_M$  – механическая постоянная вращающихся масс энергосистемы;

$K$  – коэффициент эффективности поддержания частоты при изменении нагрузки.

В работе [1] приведена оценка мощности, которая может быть использована для срабатывания устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР). Мощность не должна превышать 2-6% мощности, отдаваемой генераторами в сеть на момент включения универсального путевого генератора. Последнее требование необходимо учитывать при использовании РНУ на напряжении 2×35, 110 кВ. На основании проведенного анализа сформулированы технические требования к РНУ различных классов напряжения.

В статье также рассмотрены возможные варианты выполнения нагрузочных устройств. В электрических сетях энергопредприятий для увеличения нагрузки имеется несколько вариантов:

– Включение резисторных установок, выполненных из высоковольтных резисторов, способных в течение длительного времени выдерживать значительные токовые нагрузки;

– Использование тросов ЛЭП высших классов напряжения в качестве длительно включенной нагрузки; включение под напряжение, обеспечивающее протекание по тросу тока величиной, достаточной для прогрева троса, но не превышающей длительно допустимой значения, это способствует решению двух задач: обогреву троса, что приводит к снижению аварийности данной ВЛ, и увеличению тока на примыкающих участках ВЛ.

– Включение линий низкого класса напряжения (6-10 кВ) сезонного применения (например, ВЛ питающих насосные станции оросительных систем или питающих малоответственных потребителей и отключаем в гололедоопасный период) по одной из схем, принятых при плавке гололеда токами короткого замыкания (при этом также должно быть обеспечено условие при котором ток по линиям не превышал предельно допустимых значений). В случае необходимости обеспечения последнего условия последовательно с сопротивлением линии должно включаться дополнительное сопротивление (резисторные установки, дополнительные участки ВЛ, сопротивление земли). Для коротких линий возможен режим включения этих ВЛ в повторно-кратковременном режиме, который широко используется, например в электрических сетях Башкирэнерго и рекомендуется в методических указаниях.

– Использование заземлителей специальной конструкции, обеспечивающих рассеяние значительной энергии в течение продолжительного времени при сохранении сопротивления заземления в допустимых пределах и недопущения потери проводимости земли.

Нижеприведенное сравнение технико-экономических показателей предлагаемого решения по профилактике гололеда с методом плавки показало предпочтительность использова-

ния профилактики гололеда с применением нагрузочных устройств, не требующих при их реализации значительных капитальных затрат. Наименьшие затраты имеют место в случае использования тросов и конструкции ЛЭП.

Сопротивления РНУ, приведенные в таблице 1 могут быть реализованы с помощью электропроводного бетона (бетэла). Однако, эти резисторы рассчитаны для работы в кратковременных режимах (0,05-2,0 с) и используются только для частных случаев из-за дороговизны и больших габаритных размеров.

Более перспективным техническим решением РНУ является использование резисторов из металлических сплавов. В настоящее время фирмой «ТЕХСТРОМ» разработана технология изготовления тонкостенных шовных труб из фольги нержавеющей стали. Использование тонкостенных труб (толщина фольги 0,1-0,5 мм) для изготовления резистивных элементов позволит увеличить температуру токопроводящего материала до 500-700 °С и тем самым увеличить единичную мощность отдельного элемента.

В процессе создания конструкции РНУ-10 кВ из металлических труб разработчики столкнулись с трудностями по компоновке РНУ из большого числа отдельных нагревательных элементов.

Трудности были преодолены в результате создания конструкции токоведущей части модуля РНУ в форме спирали из ленты нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Активная часть конструкции выполнена из полосы с шириной 400 мм и толщиной 0,5 мм, с неполными продольными разрезами. Продолжительные и успешные испытания фрагмента РНУ из металлической ленты шириной 16 мм позволили выполнить технорабочий проект РНУ-10 кВ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Демин, Ю.В. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах: Кн. 1. Теоретические основы / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, В.П. Горелов. Под редакцией Горелова В.П. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 1998. -209 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *резисторы из металлических сплавов, резисторные нагрузочные устройства*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Дёмин Юрий Васильевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Будкин Антон Сергеевич, 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»*

## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПРОБЛЕМЕ РИСКОВ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»**

**А.А. Зарубин**

### **REVIEW OF LITERARY SOURCES ON THE PROBLEM OF RISKS IN ELECTRIC POWER SUPPLY**

**Altai state technical university named I.I.Polzunova**

**A.A. Zarubin**

The urgency of risks research in electric power supply consumers. The review found the works of foreign scientists dedicated to the issues of risk and accident in power. In addition, a result of search works by Russian scientists devoted to these issues.

*Keywords: damage, electric power supply, risk, risk assessment, review*

Отмечается актуальность исследования рисков в электроснабжении потребителей. Приводится обзор найденных работ иностранных ученых, посвященных вопросам риска и аварийности в энергосистемах. А также результат поиска работ российских ученых, посвященных данным вопросам.

Процесс снабжения потребителей электроэнергией, как и любая производственная деятельность человека, сопряжена с риском. Всегда существует вероятность внезапного аварийного перерыва электроснабжения, который может привести к тяжелым последствиям. Наличие потенциальной опасности любых производственных процессов вытекает из фундаментальных законов природы, а также возможности субъективного воздействия (злого умысла, недостаточной квалификации персонала и т.д.).

В процессе электроснабжения источниками риска являются объекты поставщиков электроснабжения.

троэнергии (системы электроснабжения), а ущерб наносится, в том числе и потребителям электроэнергии.

Следует различать риск для потребителя и риск для поставщика электроэнергии. С точки зрения потребителя, его интересует не сам факт аварии в электрической сети поставщика, а нанесенный ему ущерб от перерыва электроснабжения. Если такого ущерба нет, например, при наличии резервирования и успешного действия автоматического включения резерва (АВР), то и риск ничтожный. Для поставщика ущерб заключается в стоимости ремонтно-восстановительных работ.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, риск в электроснабжении можно охарактеризовать как внезапный ущерб. Ущерб, как для потребителя, так и для поставщика электроэнергии [1].

Система электроснабжения при эксплуатации и возникновении аварийных ситуаций несет определенную опасность, как для персонала поставщиков электроэнергии, так и непосредственно потребителей. При аварийной ситуации и нарушении системы электроснабжения возможно, как поражение электрическим током людей, так и отключение потребителей 1-й категории. В настоящее время из-за общего износа распределительных сетей, оборудования подстанций и увеличения нагрузки случаи отключения потребителей 1-й категории нельзя исключать (например, ситуации при выводе оборудования в ремонт). В этом случае возможна техногенная катастрофа или гибель людей и ущерб от такой аварии будет огромным.

Стоит отметить, что в последние десятилетия теория управления техногенными рисками получила новый импульс развития и столкнулась с определенными трудностями при работе с большими социотехническими системами (объединяющими инфраструктуру с одной стороны и персонал с другой), к которым можно отнести системы электроснабжения городов и регионов. Проблема заключается в описании объекта управления, учета в этом описании не только его специфической структуры и функционирования, но и поведения людей и возможной эволюции во времени. Одна из самых важных особенностей больших систем – сложность и неопределенность объектов управления, что затрудняет оценку и управление рисками в сложных системах.

Как видно из вышеперечисленного проблема оценки и управления риском является актуальной и требует решения. Об этом говорится в законе РФ «О техническом регулировании». В ходе исследования автором изучены материалы российских и иностранных изданий, с целью поиска и систематизации сведений по проблеме рисков в электроснабжении потребителей.

Ряд иностранных ученых, таких как Wenyuan Li, Qun Qiu, Lamine M. Mili и другие занимаются исследованиями в направлении техногенных рисков, в том числе рисков в системах электроснабжения.

Одной из первых работ в данной области является работа американского ученого Ph.D Qun Qiu, проведенная на базе Политехнического университета Виргинии в г. Блэксбург [2].

Целью исследования в работе указанного автора является разработка методов, и программ, которые позволяют оценить риски катастрофических сбоев в системах электроснабжения, вызванные скрытыми сбоями в электрических аппаратах или программных компонентах системы защиты. Его исследования посвящены анализу ранее случившихся, на примере аварии в энергосистеме Нью-Йорка в 1977 году, и вопросам предотвращения аварий несущих катастрофические последствия для страны в целом.

В своих исследованиях автор раскрывает механизм распространения отказа энергосистемы, а также предлагает средство для оценки риска в системах электроснабжения. Автор исследования, в том числе отмечает ряд проблем, характерных для электрических сетей развитых стран. Первое - это медленное расширение сети высокого и сверхвысокого напряжения при растущих потребностях в электроэнергии, связанное с техническими и экологическими нормативными документами и требованиями. Исходя из этого, следует указать, что многие сети работают со значительной перегрузкой, а также из-за растущих потребностей в электроэнергии зачастую производится стихийное строительство и подключение сетей, что затрудняет работу систем защиты и резервирования. Второе - это особенности рынка производства, передачи и распределения электроэнергии, связанное с различными собственниками ЛЭП и электроустановок. Данные сети находятся в различном техническом состоянии, часть строительства происходит без согласования с другими участниками рынка электроэнергии, что так же осложняет защиту и резервирование сетей электроснабжения, от че-

го в первую очередь страдают потребители электроэнергии. Отмечается, что за последние два десятилетия практически отсутствуют инвестиции, и не проходит модернизация существующих систем электроснабжения высокого и сверхвысокого класса напряжения.

Автором работы предложена система мониторинга и управления отказами при электроснабжении.

Однако, данный автор в своих исследованиях не рассматривал аварии, сопровождающиеся лишь экономическим ущербом для потребителей или поставщиков электроэнергии.

В том числе в данной работе имеются ссылки на ряд работ J.D. McCalley и других авторов [3, 4], которые посвящены ожидаемым операционным расходам в случае выхода из строя электрооборудования. Данные исследования связаны с экономическими рисками при аварии в электроустановках и надежности данных электроустановок, как в целом, так и их элементов (вероятности выхода их из строя). Указанными авторами предлагаются методы для выявления «траектории» аварийных ситуаций. Метод основывается на анализе аварий и их последствий, «аккумуляции» и расчета числа данных аварий за определенный (годовой) период времени. По ряду причин данный метод более подходит для региональных электрических сетей, с большим количеством оборудования (большее количество данных для анализа и возможности рассчитать «траекторию» отказов электрооборудования). Однако исследования данного автора посвящены оценки рисков при перегрузке или единичным выходам оборудования из строя, которые можно устранить за небольшой промежуток времени и не рассматривает вопросы рисков при одновременном отказе значительной части электрической сети.

Информация о данных работах приведена для того, чтобы примерно показать направления в исследовании рисков в системах электроснабжения. Стоит отметить, что большая часть исследователей посвящают свои работы оценке рисков и их прогнозированию применительно или к отдельным узлам электрической сети (электрооборудование, ЛЭП), или к оценке рисков при одновременном масштабном отказе всей электросети.

Во время изучения также обнаружено, что большая часть работ, посвященным рискам в электроэнергетике, охватывают именно экономические риски от аварий в электросети, и не затрагивают технические аспекты управления риском.

То же самое касается и российских изданий. Это во многом связано с тем, что именно в экономике впервые были поставлены и изучены вопросы рисков и риск-менеджмента. Поэтому, дальнейшие исследования и публикации основываются на методах, предложенных экономистами.

Существует также зарубежная методическая и учебная литература, посвященная рискам, надежности и управлению рисками в системах электроснабжения. Наибольшую популярность имеет работа автора Wenyan Li, посвященная оценке и управлению риском в системах электроснабжения [5].

Патентный поиск в российских изданиях за период с 2005 по 2015 года результатов не дал. Однако, существует ряд научных работ, посвященных проблеме исследования и оценке техногенных рисков, в том числе рисков электроэнергетике.

Вопросами исследования техногенных рисков и надежности технических систем занимаются в следующие ученые: Острейковский В.А., Шевченко Е.Н., Мусин А.Х.

Работы Острейковского В.А. посвящены рассмотрению техногенных рисков в целом и концепции анализа математических моделей вычисления значений техногенного риска от эксплуатации сложных динамических систем в сфере атомной энергетики. В работе указанного автора приведены аналитические зависимости для определения показателей техногенного риска [8]. В другой работе автора риск рассматривается как функция двух случайных величин: вероятности исходных событий аварий и ущерба от них [9], работа выполнена в соавторстве с Шевченко Е.Н. Несмотря на тематику работ данных авторов, в них не рассматриваются риски в системах электроснабжения и, как в работах иностранных авторов, не рассматриваются риски, следствием которых может являться только экономический ущерб.

В работах Мусина А.Х. рассматриваются вопросы оценка риска и моделирования рисков в электрических сетях 6-10 кВ, которые также относятся к техногенным рискам. Одной из первых работ, где дается определение риска в системах электроснабжения и предлагается метод оценки риска, является [1]. Другие работы автора посвящены теоретическим вопросам исследования рисков в системах электроснабжения городов и их моделированию [6,7]. В работах указанного автора предлагается производить оценку риска через недоотпущенную мощность.

Стоит отметить, что, так или иначе проблема техногенных рисков освящается в учебной и методической литературе разных авторов в различных отраслях, однако, не было обнаружено информации, посвященной проблеме рисков именно в системах электроснабжения.

Также следует отметить, что для систем электроснабжения в России и некоторых зарубежных стран характерны схожие проблемы, а именно:

- растущие потребности в электроэнергии, при медленном развитии городских распределительных сетей;
- большое количество устаревшего оборудования;
- стихийное подключение новых потребителей;
- несогласованность действий участников рынка производства и передачи электроэнергии.

**Вывод.** Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что проблема поиска методов оценки риска как количественной характеристики безопасности сложных систем продолжает оставаться актуальной.

Однако, по результатам проведенного поиска, в настоящее время проблемы исследования рисков в системах электроснабжения городов в распределительных сетях 6-10 кВ, рассматриваются в [1, 6, 7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мусин, А.Х. Риск-показатель качества электроснабжения / А.Х. Мусин // Изв. вузов. Проблемы энергетики, -2009, -№11-12.
- 2 Q. Qiu. Risk Assessment of Power System Catastrophic Failures and Hidden Failure Monitoring & Control System. PhD dissertation. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, 2003.
- 3 J.D. McCalley, A.A. Fouad, V. Vittal, A.A. Irizarry-Rivera, B.L. Agrawal, R.G. Farmer. A risk-based security index for determining operating limits in stability-limited electric power systems // IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 3, August 1997, -P. 1210-1219.
- 4 W. Fu, J.D. McCalley, V. Vittal. Risk Assessment for Transformer Loading // IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 16, No. 3, August 2001, -P. 346-353.
- 5 W. Li (Eds.) Risk Assessment of Power Systems: Models, Methods and Applications. IEEE Press, 2005.
- 6 Мусин, А.Х. Проблемные вопросы исследования рисков процесса электроснабжения потребителей / А.Х. Мусин, А.А. Зарубин // -Ползуновский вестник, -2013, -№4/2.
- 7 Мусин, А.Х. Имитационное моделирование рисков в электроснабжении в условиях неопределенности / А.Х. Мусин, А.А. Зарубин // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015, -№1. -С. 205-208.
- 8 Острейковский, В.А. Математическое моделирование техногенного риска от эксплуатации нефтегазового оборудования / В.А. Острейковский // -Вестник кибернетики, -2012, -№11, -С. 71-75.
- 9 Острейковский, В.А. Модель техногенного риска с учетом зависимости между вероятностью исходных событий и ущербом / В.А. Острейковский // -Современ. пробл. науки и образов. -2012. -№4.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** авария, система электроснабжения, риск, оценка риска, обзор  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Зарубин Александр Анатольевич, аспирант ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 656038, г.Барнаул, пр.Ленина, 46, ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»



## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.И. Лещенко, В.А. Бобыльская, О.О. Кустош, А.Э. Мирзалиева

### MODERN PROBLEMS OF DEVELOPMENT NOVOSIBIRSK RESERVOIR FISHERIES

Siberian state university of water transport  
S.I. Leshchenko, V.A. Bobylskaya, O.O. Kustosh, A.E. Mirzalieva

The article deals with the problem of low productivity of fishing reservoirs on the territory of Russia. For example, the Novosibirsk reservoir identified the main factors that affect the natural productivity of the reservoir and marked the most relevant (from a theoretical and practical point of view) of the problem.

*Keywords: Novosibirsk reservoir, fisheries*

Рассматриваются проблемы низкой промысловой продуктивности водохранилищ на территории России. На примере Новосибирского водохранилища выявлены основные факторы, влияющие на естественную рыбопродуктивность водоема и обозначены наиболее актуальные (с теоретической и практической точки зрения) проблемы.

В настоящее время ограниченные возможности морского рыболовства в России наряду с другими факторами экономического и социального плана обусловили повышение интереса к рыбохозяйственному освоению внутренних водоемов страны.

Россия обладает уникальной возможностью для успешного ведения рыболовства и рыбоводства - это одна из наиболее водообеспеченных стран мира. На ее территории располагается порядка 2,6 млн. рек и ручьев (из них 214 больших рек длиной свыше 500 км и 2835 средних рек длиной от 101 до 500 км), общая протяженность которых составляет свыше 8 млн. км. Наиболее полноводными реками (по показателю среднего годового стока) являются: Енисей (635 км<sup>3</sup>), Лена (537 км<sup>3</sup>), Обь (405 км<sup>3</sup>), Амур (378 км<sup>3</sup>), Волга (238 км<sup>3</sup>). На территории России по приблизительным оценкам насчитывается более 2,7 млн. озер с суммарной площадью водной поверхности почти 409 тыс. км<sup>2</sup>. Крупнейшими по площади являются: Байкал (31722 км<sup>2</sup>), Ладожское (17872 км<sup>2</sup>), Онежское (9693 км<sup>2</sup>) и Таймыр (4560 км<sup>2</sup>), а по объему Байкал (23516 км<sup>3</sup>), Ладожское (838 км<sup>3</sup>), Онежское (292 км<sup>3</sup>) и Хантайское (82 км<sup>3</sup>).

На территории России находятся в эксплуатации 2650 водохранилищ емкостью более 1 млн. м<sup>3</sup>. Их суммарный полезный объем составляет 342 км<sup>3</sup>, причем более 90% приходится на водохранилища, имеющие емкость свыше 10 млн. м<sup>3</sup>. Пять водохранилищ по площади водного зеркала входят в первую десятку крупнейших в мире: Куйбышевское (6,15 тыс. км<sup>2</sup>), Братское (5,5 тыс. км<sup>2</sup>), Рыбинское (4,5 тыс. км<sup>2</sup>), Волгоградское (3,1 тыс. км<sup>2</sup>), Красноярское (2,0 тыс. км<sup>2</sup>). Более 80% ресурсов поверхностных вод сосредоточено к востоку от Урала [4].

Из внутренних водоемов особый интерес в рыбохозяйственном отношении представляют многочисленные водохранилища, комплексное использование которых предусматривает и их рыбохозяйственное освоение. При этом, несмотря на длительный опыт эксплуатации водохранилищ, их рыбопродуктивность остается достаточно низкой, поэтому выявление причин низкой естественной продуктивности и теоретическая проработка мероприятий по ее повышению являются одной из наиболее важных задач при эксплуатации комплексных гидротехнических сооружений.

Новосибирское водохранилище – единственное крупное равнинное водохранилище Сибири (длина водохранилища от города Камень-на-Оби до города Новосибирска – 220 км; полный объем воды – 8,8 км<sup>3</sup>; площадь акватории – 1082 км<sup>2</sup>; максимальная глубина – 25 м; наибольшая ширина – 22 км).

При строительстве Новосибирского водохранилища проявился целый ряд положительных изменений, позволяющих более продуктивно использовать имеющиеся водные ресурсы в интересах рыбного хозяйства:

– Увеличение площади акватории реки. Обь в створе гидроузла – это река равнинного типа с широкой пологой поймой. В результате создания Новосибирского водохранилища было затоплено 94,8 тыс. га земель. Площадь акватории при нормальном подпорном уровне составила 1082 км<sup>2</sup>. Таким образом, площадь акватории водохранилища увеличилась по сравнению с рекой в естественно-бытовом состоянии более чем в 8 раз, то есть фактиче-

ский промысловый вылов рыбы должен увеличиваться даже при неизменной рыбопродуктивности водоема.

– Увеличение кормовой базы. Строительство плотины неизбежно ведет к перестройке кормовой базы в целом [3]. При рассмотрении кормовой базы рыб Новосибирского водохранилища (за исключением ихтиофагов) можно выделить три основных группы кормовых организмов: фитопланктон, зоопланктон и бентос.

При создании водохранилища условия для развития фитопланктона существенно улучшились. Большая площадь мелководий и небольшие скорости течения воды способствуют хорошему прогреванию воды (температура воды в Новосибирском водохранилище в поверхностном слое на всех участках в июле равняется в среднем 21,6 С). Кроме того, небольшие скорости течения воды приводят к аккумуляции в чаше водохранилища большого количества биогенных веществ. Все это способствует высоким темпам развития водорослей. Биомасса водорослей на отдельных участках достигает 14...60 г/л.

Повышение температуры воды, увеличение кормовой базы и уменьшение скоростей течения положительно сказалось и на количестве зоопланктона. В период открытой воды (в июле) средняя биомасса зоопланктона в верхней части водохранилища составляет 0,5-0,7 г/м<sup>3</sup>, а в озерной части – достигает 0,4-7,8 г/м<sup>3</sup> (по сравнению с 0,1-0,4 г/м<sup>3</sup> в Оби до ее зарегулирования).

Смена реофильных условий на лимнофильные послужила причиной увеличения видового разнообразия зообентоса (со 108 до 134 видов). В среднем по многолетним данным, биомасса зообентоса в период открытой воды составляет: в верхней зоне – 3,5 г/м<sup>2</sup>, средней – 8,5 г/м<sup>2</sup>, нижней – 7,3 г/м<sup>2</sup>.

– Наличие в водоеме участков, значительно отличающихся по глубине. После создания водохранилища значительно увеличилась площадь мелководий, где глубина едва достигает 3-4 м (16% от общей площади водохранилища). Это способствует бурному развитию различных видов водорослей, так как вода достаточно прогревается. Также мелкие глубины являются благоприятной средой для взросления молодняка, что объясняется, прежде всего, температурой воды и наличием корма. Максимальные же глубины достигают 25 м, что тоже является плюсом для жизни рыб, так как более взрослые особи обитают именно на глубине, к тому же большие глубины позволяют рыбам пережить достаточно суровые зимы Сибири.

На первый взгляд условия, сложившиеся в чаше Новосибирского водохранилища, достаточно благоприятны для развития рыбного хозяйства. Объем промышленного вылова рыбы существенно увеличился (по сравнению с рекой в естественно-бытовом состоянии) и в 2006-2012 гг. составил 460-776 т. Однако фактические показатели рыбопродуктивности и видовой состав уловов существенно отличаются от проектных. По проекту промысловый вылов рыб за год составлял 2,5 тыс. т., в том числе осетровые -2%, лососевые – 1%, лещ -10%, сазан – 20%, судак – 5%, язь – 20%, щука, налим, окунь – 10%, мелкий частик (плотва, елец и др.) – 32% [1]. Фактический же вылов рыбы, например, в 2012 г. составил 699 т. Из них: лещ – 90%, судак – 2%, язь – 2%, налим – 2%, плотва – 1%, карась – 1%, окунь – 1%, сазан – 1%, щука и стерлядь – в качестве прилова (≈0%). Качество выловленной рыбы в результате высокого процента ее зараженности аписторхидами и гельминтами также оставляет желать лучшего. Такое состояние рыбного хозяйства можно оценить как неудовлетворительное, и обусловлено оно действием целого ряда неблагоприятных факторов, основными из которых являются:

– Изменение видового состава и структуры ихтиофауны. До образования Новосибирского водохранилища на этом участке Оби обитали 1 вид круглоротых и 22 вида рыб [1, 7]. Наиболее многочисленными (обычными, фоновыми) видами являлись щука, налим, окунь, плотва. Широкое распространение имели ценные полупроходные виды – сибирский осетр, нельма, муксун, пелядь. После строительства гидроузла произошло не только изменение видового состава рыб-аборигенов (в водохранилище практически исчезли полупроходные виды рыб), но и их перераспределение по зонам обитания: типичные реофилы (осетровые, таймень, нельма, елец и др.) обитают, в основном, в верхней, рекообразной зоне водоема и притоках, а лимнофилы (плотва) и хищники (окунь, щука) освоили практически всю акваторию водохранилища. Для повышения продуктивности водоема и качества уловов в процессе эксплуатации водохранилища были проведены работы по акклиматизации 6 видов рыб: леща, судака, сазана, амурского толстолобика, рипуса. Однако прижились только 3 из них (лещ, судак, сазан). При этом лещ и судак натурализовались и в настоящее время являются ос-

новными промысловыми видами (доля от общего вылова в отдельные годы достигает до 95% и 7-10% соответственно). Кроме того, естественными акклиматизантами, хорошо адаптировавшимися к условиям жизни в водохранилище, являются верховка и ротан.

– Нерациональное использование кормовой базы. По основному типу питания все виды рыб, обитающие в водохранилище, можно разбить на 4 неравных группы: фитофаги, планктофаги, бентофаги, ихтиофаги. Наиболее многочисленна группа рыб-бентофагов (лещ, сазан, карась и др.). К ихтиофагам относятся судак, щука окунь, налим. К типичным планктофагам относятся не только отдельные виды (сибирский елец, верховка), но и молодь всех видов рыб. При этом отмеченные три группы рыб являются достаточно многочисленными, и внутри них идет пищевая конкуренция, то есть (при неизменной кормовой базе) увеличение численности одного вида приводит к уменьшению численности других видов этой группы. Однако к типичным рыбам-фитофагам можно отнести только сибирскую плотву (потребляющую фитопланктон, в том числе диатомовые и сине-зеленые водоросли), однако большое количество хищников (и прежде всего судака) привело к резкому уменьшению ее численности. Таким образом, большая часть растений остается нетронутой, при этом огромная биомасса водорослей не только не используется (в качестве кормовой базы), но и приводит к ухудшению качества воды. При разрастании на мелководье фитопланктон забивает жабры, а ночью так же потребляет кислород, тем самым еще более затрудняет дыхание рыбам. Основная часть водорослей при отмирании оседает на дне водохранилища и начинает гнить (что особенно губительно для речных обитателей в зимнее время, так как вода покрыта льдом, и кислород не поступает). Сине-зеленые водоросли, которые также имеются в водохранилище, при высоких температурах и большой кормовой базе, начинают приносить вред – они активно размножаются и заполняют собой все пространство водоема, отравляя своими токсинами его обитателей и вызывая цветение воды.

– Ухудшение нерестовых условий. Большинство рыб Новосибирского водохранилища относится к фитофильным весеннерестующим видам. С начала 1970-х гг. условия нереста всех промысловых рыб-фитофилов в водохранилище, как правило, неблагоприятные – это обусловлено влиянием целого комплекса абиотических факторов. Во-первых, в весенний период решающее значение имеет уровень режим (или режим наполнения водохранилища). Условия нереста существенно меняются в зависимости от даты начала заполнения и скорости подъема воды. От уровня режима зависит площадь нерестовых угодий и температура воды во время нереста, степень выживаемости личинок и молоди рыб. Непременным условием эффективного весеннего нереста рыб в водохранилище является не только сравнительно быстрый, но и равномерный рост уровня воды до НПУ, а также своевременный прогрев мелководий и оптимум погодных явлений. Негативно сказываются также суточные колебания уровней воды. Во-вторых, незащищенность акватории от ветроволновых воздействий. Во время штормов уже отложенная икра выбрасывается на берег или заиливаются нерестовые гнезда. В-третьих, недостаточное количество нерестового субстрата. О нехватке полноценного естественного нерестового субстрата в частности свидетельствует и активное использование рыбами водохранилища искусственных нерестилищ. В итоге, численность в водохранилище рыб-аборигенов с весенним нерестом в настоящее время крайне низка и поддерживается лишь за счет ската их из р. Оби [6].

– Браконьерство. Исследования специалистов Верхнеобьрыбвода показали, что рыбаки-любители добывают около 955 т рыбы в год [1]. Однако при этом не указывается, учитывалась ли при этом браконьерская добыча. Браконьерский лов (с использованием сетей, электроудочек, самоловов и т.д.) наносит значительный ущерб не только за счет уменьшения количества рыбы, но и в результате изъятия из водоема редких (запрещенных к вылову) видов. При оценке влияния браконьерства на ихтиофауну важно оценить потери от него не только в чаше водохранилища, но и в его притоках (особенно в период нереста), так как весеннерестующие рыбы-аборигены поднимаются на нерест вверх по течению в малые притоки, где они и изымаются в огромном количестве сетями.

– Ухудшение качества воды. Активное использование водных ресурсов и снижение точности водохранилища приводит к накоплению в нем загрязняющих веществ и ухудшению качества воды. При этом загрязнение может носить как техногенный (сброс сточных воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов и ферм, ливневые стоки в городах и смыв дождевыми потоками ядохимикатов и удобрений с полей), так и природный (вынос древесной массы из рек, выпадающих в водохранилище, цветение воды) характер. В 2014 г. вода в Новосибирском водохранилище оценивалась как

«очень загрязненная» и «грязная». Критического уровня загрязненности воды Новосибирского водохранилища достигали нефтепродуктами в районе пгт. Ордынское, в створе верхнего бьефа; соединениями меди – в районе Бердского залива. В фоновом створе г. Колпашево в 2014 г., как и в предыдущие годы, нефтепродукты оценивались как критические загрязняющие вещества [4].

– Загрязнение водосброса и водохранилища при рекреации. После создания водохранилища значительно увеличилась рекреационная нагрузка на водоем. Были созданы берегоукрепительные сооружения-пляжи (которые впоследствии стали зоной отдыха для населения), построены различные базы отдыха, прокат водного транспорта и развиты различные водные виды спорта. Все это притягивает огромное количество отдыхающих. К сожалению, экологическое воспитание населения оставляет желать лучшего. Берега водохранилища и водоохранная зона буквально завалены различным бытовым мусором, который при повышениях уровней воды или продолжительных осадках попадает в водоем.

– Ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки. При создании водохранилища с одной стороны – повышается температура воды и на обширных мелководьях бурно развивается бентос, а с другой стороны – увеличивается антропогенная нагрузка на водоем, что приводит к значительному загрязнению воды (в том числе и хозяйственно-бытовыми стоками). Все это приводит к повышению риска развития инфекционных и паразитарных заболеваний у рыб (особенно у бентофагов – лещ, карась, язь, линь и т.д.). Повышение уровня заболеваемости у рыб приводит не только к увеличению ее смертности, но и к повышению уровня заболеваемости у местного населения, употребляющего большую или зараженную рыбу в пищу. Многие исследователи оценивают санитарное состояние Новосибирского водохранилища как неудовлетворительное. Зараженность отдельных видов рыб (прежде всего леща, язя и плотвы) в разные периоды достигает 40% [2].

– Гибель гидробионтов при зимней сработке уровней воды. Уровенный режим является одним из важнейших факторов, влияющих на состояние рыбных запасов. В годовом разрезе уровенный режим Новосибирского водохранилища характеризуется следующими основными фазами (рисунок 1): интенсивное повышение уровня воды в результате заполнения водохранилища стоком весеннего половодья; летнее стояние уровней на отметке НПУ и кратковременное его превышение на 0,2-0,4 м, позволяющее увеличить водные запасы; осенне-зимняя сработка, достигающая 5,0 м и ограниченная уровнем «мертвого» объема [3, 5].

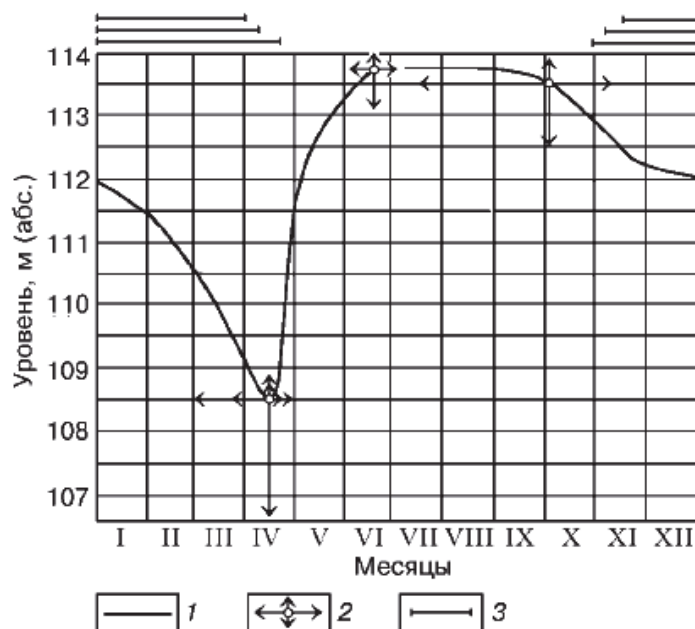


Рисунок – Колебания уровня Новосибирского водохранилища: 1-колебания уровня воды; 2-экстремальные отклонения уровня во времени и по величине; 3-сверху в низ – минимальная, средняя и максимальная продолжительность ледостава

Основное отрицательное воздействие уровенного режима на зимовальные скопления рыб в Новосибирском водохранилище начинает проявляться в марте. К началу этого месяца уровень воды в водохранилище обычно снижается на 2-3 м, и осушаемые мелководья начи-

нают обособливаться от глубоководной части водоема, что затрудняет скат рыбы из литорали в пелагиаль. В марте наблюдается минимальное (20-30%) насыщение воды кислородом, что в совокупности с низкими температурами воды замедляет реакцию рыб на падение уровня. Практически ежегодно часть рыб, особенно молоди, в конце зимней сработки уровня воды гибнет, не имея возможности выйти из приглубых участков, отшнуровавшихся от основной массы воды и характеризующихся неблагоприятным газовым режимом. Случаи массовой гибели рыб на отчлененных от основной акватории участках были зарегистрированы в 1994, 1997 и 2003 гг. Снижение уровня воды в водохранилище в осенне-зимний период и, как следствие этого, осушение и промерзание больших площадей дна наносит существенный ущерб также и кормовой базе рыб. Гибель донной фауны происходит на площади от 3,5 до 9,0 тыс. га и составляет 101-261 т. биомассы. Ежегодные потери ихтиомассы в результате гибели зообентоса достигают 30-78 т [8].

– Гибель рыб при скате их через сооружения гидроузлов. В 2003 г. проводились работы по изучению ската рыб из Новосибирского водохранилища через плотину ГЭС. Результаты наблюдений свидетельствуют о значительных масштабах этого явления, как для ранних стадий развития рыб, так и для взрослых особей. Согласно проведенным наблюдениям и ориентировочным расчетам, в июне-сентябре 2003 г. из водохранилища в нижний бьеф скатилось 1,5 тыс. разновозрастных особей леща, 36,6 тыс. судака, 15,4 тыс. налима, 1,3 тыс. окуня, 0,2 тыс. язя, что с учетом средней навески этих видов составило соответственно 0,8, 29,3, 12,4, 0,3 и 0,1 т рыбной продукции. Наибольший рыбохозяйственный ущерб (доля погибших рыб промысловых размеров от объема их вылова в водоеме) получен для налима (116,6%), судака (99,1%) и леща (0,12%). Наибольший экологический ущерб (доля скатившихся рыб от их численности в водоеме) наносится популяциям судака (6,75%) и леща (0,03%). Общий ущерб, в стоимостном выражении, от ската рыб из Новосибирского водохранилища в нижний бьеф в 2003 г. составил более 180 млн. рублей. Необходимо также отметить, что при скате через турбины у рыб наблюдаются механические (раны, обрывы плавников) и барические (разрыв плавательного пузыря, кровоизлияние) повреждения, а также аномалии в поведении (нарушения ориентации и двигательной активности), что, как правило, приводит к их гибели. То есть скат рыб из водохранилища не приводит к увеличению продуктивности реки в нижнем бьефе [8].

Новосибирское водохранилище (благодаря своему географическому положению и морфологическим особенностям) является важным объектом рыбохозяйственной отрасли. Однако в настоящее время действие целого ряда неблагоприятных факторов приводит не только к уменьшению естественной рыбопродуктивности водоема, но и к ухудшению качества и ценности улова. Прежде всего, это изменение видового состава и структуры ихтиофауны, нерациональное использование кормовой базы, ухудшение нерестовых условий, ухудшение качества воды, загрязнение водосбора и водохранилища при рекреации, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки, браконьерство, гибель рыб при скате их через сооружения гидроузлов и при зимней сработке уровней воды. При этом, несмотря на длительный опыт эксплуатации водохранилищ, многие процессы, протекающие в водоемах, нами не изучены и не поняты. Для рационального использования имеющихся в нашем распоряжении водных ресурсов требуется вдумчивая теоретическая проработка целого ряда вопросов. При этом для Новосибирского водохранилища наиболее актуальными (с теоретической и практической точки зрения) проблемами, на наш взгляд, являются:

– определение оптимальной устойчивой структуры ихтиоценоза (с учетом видов, не имеющих промыслового значения), при которой достигается наиболее рациональное использование существующей кормовой базы и максимальная естественная рыбопродуктивность водоема;

– определение теоретической максимальной естественной рыбопродуктивности водоема и выявление факторов, ограничивающих ее в исследуемом водоеме. Разработка эффективных мероприятий по повышению рыбопродуктивности (естественной и промысловой) водохранилища;

– изучение особенностей распределения рыб в водохранилище во времени и пространстве. Учет полученных данных при планировании рыбохозяйственного освоения водохранилища (выявление и защита наиболее эффективных естественных нерестилищ, определение перспективных мест установки искусственных нерестилищ, назначение промысловых участков и т.д.);

– изучение влияния различных видов антропогенной нагрузки на состояние ихтиоценоза

и естественную продуктивность водоема;

- разработка мероприятий по улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки;
- изучение изменения естественных биоценозов в чаше водохранилища, в верховьях Оби, боковых притоках, а также в нижнем бьефе гидроузла в результате интродукции новых видов (рыб и кормовых организмов);
- изучение причин неудачи при акклиматизации в Новосибирском водохранилище растительноядных видов рыб (амур, толстолобик). Разработка мероприятий по эффективной борьбе с цветением воды;
- изучение влияния любительского рыболовства на видовую структуру ихтиоценоза и естественную рыбопродуктивность водоема;
- определение ущерба ихтиоценозу водоема и рыбохозяйственной отрасли от браконьерства. Выявление участков, подвергающихся наиболее интенсивному воздействию, и разработка мероприятий по их защите.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бабуева, Р.В. Современное состояние ихтиофауны Новосибирского водохранилища / Р.В. Бабуева // Проблемы устойчивого развития Обь-Иртышского бассейна. - 2001. - С.126-128.
- 2 Бонина, О.М. Зараженность карповых рыб описторхидами в Новосибирском водохранилище / О.М. Бонина, К.П. Федоров, А.А. Ростовцев // -Рыбоводство. -2009. -№9. -С. 55-59.
- 3 Васильев, О.Ф. Экологическое состояние Новосибирского водохранилища / О.Ф. Васильев, В.М. Савкин, С.Я. Двуреченская, С.Я. Тарасенко, П.А. Попов, А.Ш. Хабидов // -Сибирский экологический журнал. -2000. -Т.7. -№2. -С. 149-163.
- 4 Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году». -М.: НИА-Природа, 2015. -270 с.
- 5 Знаменский, В.А. Гидрологический режим озер и водохранилищ СССР. Новосибирское водохранилище и озера бассейна Средней Оби / В.А. Знаменский, М.Я. Кунявский. -Л.: Гидрометиздат, 1979. -156 с.
- 6 Попов, П.А. Влияние уровня режима Новосибирского водохранилища на репродуктивный потенциал рыб / П.А. Попов, А.М. Визер // -Мир науки, культуры, образования. -2011. -№1. -С. 353-356.
- 7 Попов, П.А. Рыбы Новосибирского водохранилища / П.А. Попов, А.М. Визер, Е.Э. Упадышев // -Сибирский экологический журнал. -2000. -Т.7. -№7. -С. 177-186.
- 8 Селезнева, М.В. Влияние режима эксплуатации Новосибирского водохранилища на состояние рыбных запасов/ Селезнева М.В., Трифонова О.В. // Новосибирский филиал ФГУП Госрыбцентр Западно-Сибирский. Научно-исследовательский институт водных биоресурсов и аквакультуры, Новосибирск). Режим доступа: <http://vcvetu.ru/udobrenie/5932/index.html>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Новосибирское водохранилище, рыбное хозяйство*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Лещенко Сергей Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Бобыльская Виктория Александровна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Кустош Оксана Олеговна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Мирзалиева Анастасия Эдуардовна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПРУДОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ БАРАБИНСКОЙ ТЭЦ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**С.И. Лещенко, В.А. Бобыльская, В.В. Ветошкина, Н.Е. Сипита**

**FUTURE DEVELOPMENT FISHERIES COOLING POND BARABINSK TPP**  
 Siberian state university of water transport  
 S.I. Leshchenko, V.A. Bobylskaya, V.V. Vetoshkina, N.E. Sipita

The article discusses the feasibility of the development of warm-water fishery complex at the cooling pond Baraba existing TPP. A detailed analysis of the current conditions in the area of their distribution showed that the greatest cost-effectiveness is the development of warm-water fishery complex for fattening pasture type, and the prevailing conditions at a minimal cost, you can not only get more fish products, but also improve the operating conditions of the cooling pond.

*Keywords: Baraba TPP, cooling ponds, fisheries*

Рассмотрена целесообразность развития тепловодного рыбохозяйственного комплекса на прудах-охладителях действующей Барабинской ГРЭС. Детальный анализ современных условий в районе их размещения показал, что наибольшую экономическую эффективность имеет развитие тепловодного рыбохозяйственного комплекса по нагульному пастбищному типу, и при сложившихся условиях при минимальных затратах можно не только получить дополнительную рыбную продукцию, но и улучшить условия эксплуатации прудов-охладителей.

В настоящее время ограниченные возможности морского рыболовства в России наряду с другими факторами экономического и социального плана обусловили повышение интереса



к рыбохозяйственному освоению внутренних водоемов страны. Новосибирская область обладает уникальной возможностью для успешного ведения рыболовства и рыбоводства. На ее территории насчитывается: до 3 тысяч озер (самые крупные – Чаны, Сартлан, Убинское); около 380 рек (в том числе одна из крупнейших рек мира – Обь); Новосибирское водохранилище и до 6,0 тысяч гектар искусственных прудов. Однако, на наш взгляд, наиболее интересными водохозяйственными объектами, представляющими уникальные возможности для развития товарного рыбоводства, являются пруды охладители Барабинской ГРЭС.

Барабинская ГРЭС (в настоящее время работает в режиме ТЭЦ) – энергетическое предприятие, входящее в российскую энергетическую компанию АО «Новосибирскэнерго», находится в западной части Новосибирской области в городе Куйбышев в 12 км к северу от железнодорожной станции Барабинск.

При эксплуатации ТЭЦ для охлаждения оборудования требуется большой объем воды (0,12...0,16 м<sup>3</sup> воды для выработки 1 кВт-часа энергии), то есть при нормальной работе Барабинской ТЭЦ (мощность 114 МВт) расход охлаждающей воды составляет около 4 м<sup>3</sup>/с. При этом отработанные воды по химическому составу остаются чистыми, но имеют повышенную температуру. Система водоснабжения ГРЭС оборотная – отработанные тепловые воды после охлаждения в прудах-охладителях используются повторно (время оборота 5-6 суток).



Рисунок 1 – Пруды охладители Барабинской ГРЭС

При Барабинской ТЭЦ имеются два пруда охладителя, площадью по 100 га каждый (рисунок 1). Имеют ровный рельеф дна, среднюю глубину – 2,5 м, максимальную – 3,0 м. береговые откосы одного пруда укреплены бетонными плитами, другого – крупным бутовым камнем. До 75% площади дна занимают тонкодетритные переработанные илы. Пруды постоянно пополняются водой из реки Оми.

В настоящее время пруды являются местом обитания девяти видов рыб: золотистый и серебристый карась, плотва, елец, линь, пескарь, окунь, щука, щиповка [2]. В массовом количестве встречаются плотва, окунь, пескарь и караси (остальные виды рыб – единичны). Ихтиофауна представлена, в основном, тугорослыми, малоценными и непромысловыми видами. Но при этом водоемы активно используются работниками станции и местными жителями для любительского рыболовства.

При применении для охлаждения отработанных тепловых вод прудов-охладителей возможно создание в них садкового хозяйства или организация нагула товарной рыбы. Наиболее перспективным является пастбищное рыбоводное хозяйство (выращивание рыбы в искусственных условиях от оплодотворения до мальковой стадии с последующим выпуском в открытые водоемы для нагула, который ведется за счет естественной кормовой базы). Хозяйственное использование водоемов-охладителей тепловых электростанций под выращивание рыбы представляет большой практический интерес и дает следующие преимущества [3]:

– Наличие готовых к использованию водоемов. При организации хозяйства на существующих водоемах отпадает необходимость в новом землеотводе, а также под береговую инфраструктуру земли используется в несколько раз меньше, чем при новом строительстве.

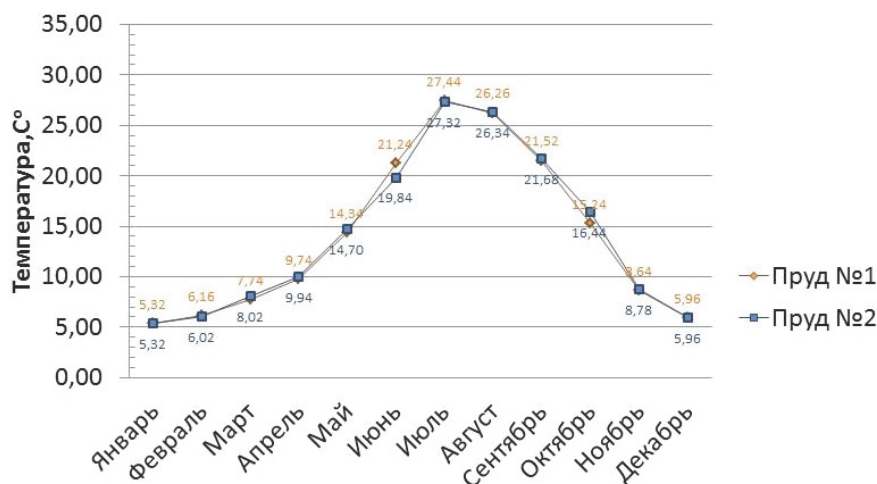


Рисунок 2 – График колебаний средней температуры воды в водохранилищах за 2008-2013 гг. (зона водозабора)

– Благоприятный температурный режим водоемов. Дополнительное поступление тепла в пруды-охладители в значительной мере определяет их температурный режим (рисунок 2). Температуры воды в районе водозабора с ноября по март колеблется в пределах 5-7 °С. Весенний прогрев воды начинается уже в марте, а в апреле вода прогревается выше 10 °С. В июле-августе температура воды достигает 26-28 °С. Охлаждение воды начинается в августе и в ноябре температура опускается ниже 10 °С. На участке поступления воды с ГРЭС ее температура выше: летом в среднем на 2-3 °С, весной и осенью на 4 °С, зимой на 5-6 °С. Последнее приводит к возникновению полыньи.

Дополнительное поступление тепла в пруды-охладители оказывает благоприятное воздействие на кормовую базу рыб: круглогодичная вегетация фито- и зоопланктона, удлинение вегетационного периода зообентоса, увеличение видового разнообразия, количества и продуктивности всех кормовых элементов.

Температурный режим прудов благоприятен для рыбоводства. Достаточно высокие температуры держатся продолжительный период: с апреля по ноябрь. Это увеличивает продолжительность активного питания и роста рыбы. К особенностям питания рыб в прудах-охладителях следует отнести их почти круглогодичное питание и более быстрый, чем в обычных условиях темп роста. Период интенсивного питания рыб здесь удлиняется до 7-8 месяцев вместо 2-3 в естественных водоемах Западной Сибири, что благоприятно сказывается на темпе роста рыб. Так плотва в возрасте двух лет достигает 18 см длины и 141 г массы, тогда как в озере Сартлан соответствующие параметры составляют 11 см и 23 г соответственно.

– Богатая кормовая база. При рассмотрении кормовой базы рыб, обитающих в прудах охладителях (за исключением ихтиофагов), можно выделить 4 основных группы кормовых организмов: макрофиты, фитопланктон, зоопланктон и бентос [1].

Макрофиты. Узкая мелководная прибрежная полоса с очень плотным задернованным грунтом занята редкими зарослями тростника обыкновенного с примесью осок, рдеста и разнотравья. Погруженная высшая водная растительность встречается в прудах по всей акватории (отдельными участками площадью до 35 м<sup>2</sup>) и представлена, в основном, рдестом блестящим и гречихой земноводной.

Фитопланктон. Видовой состав водорослей небогат (122 вида). Характерная черта фитопланктона – круглогодичная вегетация. Летом и осенью доминируют синезеленые, которые в заметном количестве появляются в конце июня-начале июля и вегетируют до октября включительно (3,5-4,0 месяца). В конце октября-ноябре, после выпадения из планктона синезеленых, преобладают диатомовые, пиррофитовые и зеленые водоросли. Среднемесячная биомасса водорослей колеблется от 0,41 мг/л (в феврале) до 35,87 мг/л (в августе). Среднегодовая биомасса водорослей – 8,1 мг/л. Водоросли относительно равномерно распределены по акватории прудов.

Зоопланктон. Видовой состав зоопланктона в обоих прудах одинаков и представлен 60 видами. В составе зоопланктона преобладают коловратки, веслоногие и ветвистоусые рачки.

Наименьшая численность зоопланктона отмечена в декабре-январе и составила 5,65-9,20 тыс. экз./м<sup>3</sup> (биомасса – 0,017-0,031 г/м<sup>3</sup>). Максимальная численность отмечена в конце июля-августе и составила 295-475 тыс. экз./м<sup>3</sup> (биомасса – 9,78-15,85 г/м<sup>3</sup>).

Бентос. В составе бентоса прудов найдено 47 видов. При этом бентос основного биотопа прудов-охладителей (илистых переработанных тонкодетритных грунтов) очень беден – 14 видов. В зарослях погруженной растительности появляется фитофильный комплекс, и видовой состав становится существенно богаче – 35 видов. Среднегодовая численность бентоса пруда №1 в 1976 г. составила 1,6 тыс. экз./м<sup>2</sup>, а биомасса достигла 14,1 г/м<sup>2</sup>, в 1977 г. значения их повысились до 2,8 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 33,5 г/м<sup>2</sup>. Для пруда №2 эти показатели в 1976 г. составили соответственно 4,4 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 60,6 г/м<sup>2</sup>; в 1977 г. – 3,7 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 33,5 г/м<sup>2</sup>. По сравнению со средними биомассами бентоса озер юга Барабинской лесостепи Убинское и Сартлан таковая прудов-охладителей в 2-8 раз выше.

В настоящее время часть кормовой базы (макрофиты и фитопланктон) местными рыбами практически не используется, а часть (зоопланктон и бентос) – недоиспользуется.

– Наличие необходимой инфраструктуры. Рыбоводное предприятие проектируется на территории действующей электростанции, то есть в наличии имеется готовая развитая транспортная сеть (авто- и железнодорожные пути).

В непосредственной близости от ГРЭС также расположены предприятия, чья деятельность связана с рыбой, и которые могут обеспечить рыбохозяйственное освоение прудов-охладителей:

– СПК рыболовецкий колхоз «Красный моряк». Зарегистрирован по адресу: Новосибирская область, Барабинский район, д. Кармакла, ул. Зеленая, д. 46. Основным видом деятельности является производство товарной живой рыбы и рыбопосадочного материала (осетровые, карась, карп, амур, толстолобик);

– СХПК «Новая Заря». Зарегистрирован по адресу: Новосибирская область, Барабинский район, д. Квашнино, ул. Колхозная, д. 39. Основным видом деятельности является вылов рыбы и водных биоресурсов в реках, озерах, водохранилищах и прудах;

– ОАО «Барабинский рыбхоз». Структурное подразделение открытого акционерного общества «Новосибирскрыбхоз». Зарегистрирован по адресу: Новосибирская область, город Барабинск, ул. Луначарского, д. 1. Основным видом деятельности является переработка рыбной продукции.

Таким образом, на территории Барабинского района уже функционируют предприятия, которые могут обеспечить весь производственный цикл проектируемого рыбоводного хозяйства: обеспечить рыбопосадочным материалом, выловить и переработать товарную рыбу.

– Близость потребителя. Все крупные действующие ТЭЦ располагаются в крупных населенных пунктах, жители которых в первую очередь и являются потребителями как свежесвыловленной рыбы, так и переработанной рыбной продукции. Барабинская ГРЭС построена на окраине города Куйбышев с численностью населения 44616 человек [4]. Учитывая развитую транспортную инфраструктуру в качестве рынка сбыта можно рассматривать население не только города Куйбышева, но и расположенных рядом городов и крупных деревень, таких как: город Барабинск (29307 человек), село Нагорное (2227 человек), село Абрамово (1371 человек) и др.

При выращивании товарной рыбы в водоемах-охладителях (по нагульному пастбищному типу) рекомендуется применять поликультуру. Положительный эффект поликультуры достигается не только за счет более полного использования имеющихся пищевых ресурсов водоема, но и вследствие снижения отрицательного воздействия видоспецифических экзо-метаболических (продуктов обмена веществ, выделяемых организмами в окружающую среду и играющих большую роль в их меж- и внутривидовых связях) при сохранении суммарной плотности посадки и благоприятных условий выращивания рыб. Следовательно, поликультура позволяет значительно увеличить суммарную плотность посадки выращиваемых гидробионтов по сравнению с монокультурой (без ущерба для эффективного роста используемых в ней объектов), повысить тем самым рыбопродукцию и улучшить другие рыбоводные показатели [2].

В нагульных рыбоводных хозяйствах на прудах-охладителях хорошо зарекомендовала себя поликультура, состоящая из карпа, белого амура, белого и пестрого толстолобика. Эти виды рыб не конкурируют между собой в способах питания. Основным объектом выращивания является карп (питается бентосными организмами). К карпу подсаживают белого амура (питается макрофитами), белого толстолобика (питается фитопланктоном и детритом) и пе-

строго толстолобика (питается зоопланктоном и частично фитопланктоном). При этом растительноядные виды рыб выполняют роль биологических мелиораторов и помогают бороться с «цветением» воды. Перспективными объектами культивирования в прудах-охладителях являются большеротый и малоротый буффало, разведение которых позволяет более полно использовать продукцию зоопланктона.

Промысловая рыбопродуктивность прудов-охладителей при поликультуре зависит от гидрологических и рыбоводных особенностей этих водоемов (площади, глубины, степени зарастаемости, температурного режима и др.) может достигать (в южных районах) до 5-6 ц/га [2].

В России насчитывается более 200 тепловых электростанций с общей площадью водоемов-охладителей около 140 тыс. га. При этом в прудах-охладителях складываются уникальные условия для развития рыбоводного хозяйства: благоприятные температурный и уровенный режимы, богатая кормовая база (особенно для растительноядных рыб), ограниченная зависимость от природно-климатических условий, длительный вегетационный период (вплоть до круглогодичного). Учитывая наличие готовой инфраструктуры и близость потребителя, организация пастбищного рыбоводного хозяйства потребует минимальных вложений. Поэтому использование прудов-охладителей ГРЭС является одним из наиболее перспективных направлений тепловодного рыбного хозяйства в нашей стране. При выращивании товарной рыбы в водоемах-охладителях (по нагульному пастбищному типу) рекомендуется применять поликультуру, то есть основным объектом выращивания является карп, а добавочными видами – растительноядные рыбы (белый амур, белый и пестрый толстолобик). Такое сочетание культивируемых в прудах-охладителях видов позволяет не только получить дополнительную рыбную продукцию, но и улучшает условия их эксплуатации (контроль зарастаемости водоема и предотвращение цветения воды).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Волгин, М.В. Гидробиологический режим прудов-охладителей Барабинской ГРЭС / М.В. Волгин, М.С. Куксон, Л.Л. Сипко, М.В. Тимофеева // -Гидробиол. журн. -1982. -Т.18, -№5. -С. 52-58.
- 2 Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство. В 2 ч. Ч.2. Интенсивное разведение рыбы в индустриальных условиях: учеб. пособие / С.С. Григорьев, Н.А. Седова. -Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. -162 с.
- 3 Зимницкая, Т.В. Перспективы использования отработанных вод тепловых электростанций для тепловодного рыбного хозяйства / Т.В. Зимницкая, В.А. Бобыльская, С.И. Лещенко // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№1-2. -С. 357-359.
- 4 Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2015 года. -Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/bul\\_dr/mun\\_obr2015.rar](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/bul_dr/mun_obr2015.rar).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Барабинская ГРЭС, пруды-охладители, рыбное хозяйство  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Лещенко Сергей Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Бобыльская Виктория Александровна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Ветошкина Валерия Викторовна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Сипита Наталья Евгеньевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДНОУЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В РАЙОНЕ ПОДХОДНОГО КАНАЛА К ПРИЧАЛУ ООО «ТОМСКНЕФТЕГАЗ»**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**М.А. Бучельников, О.В. Ермоленко**

**ECOLOGICAL ASSESSMENT OF DRADGING IN THE APPROACH CHANNEL TO THE PIER OF «TOMSKNEFTEGAZ»**  
 Siberian state university of water transport  
 M.A. Buchelnikov, O.V. Ermolenko

The article presents the results of the evaluation of biological effects of deepening the approach channel to channel Old Ob of Ob River. Damage caused to the calculated planktonnym and benthic communities, proposes measures to minimize harm to ecosystems.

*Keywords: dredging, benthos, plankton, Ob river*

Приводятся результаты биоэкологической оценки последствий углубления подходного канала в протоке Старая Обь реки Обь. Подсчитан ущерб причиняемый бентосным и планктонным сообществам, предложены меры по минимизации вреда, наносимого экосистемам.

Подходной канал в протоке Старая Обь реки Обь эксплуатируется как часть внутренних

водных путей в течение многих лет. Периодически некоторые его участки требуют проведения дноуглубительных работ для поддержания габаритов судового хода.

На 1816 км от истока, русло реки Обь раздваивается на две протоки: Лукашкинская (судоходная) и Старая Обь, которые на 1822 км от истока снова сливаются, образуя тем самым остров Лукашкинский. Протока Старая Обь реки Обь имеет длину 19 км. Затем Обь снова разветвляется, образуя остров Нижний Лукашкинский. При проектном уровне протока имеет следующие геоморфологические и гидрологические характеристики: ширина изменяется от 100 м до 900 м, глубина 0-25 м (средняя глубина 2,4 м), скорость течения в межень - 0,3 м/с, в половодье – 1,32 м/с. В меженный период выше по течению от подходного канала протока Старая Обь может пересыхать.

Необорудованный причал находится на левом берегу протоки, он предназначен для выгрузки и погрузки различных грузов для нужд ООО «Томскгеонефтегаз» и хранения НСМ. Канал, ведущий к нему, должен обеспечивать подход теплохода с баржей с основного судового хода в протоке Лукашкинская и обладать габаритами необходимыми для маневрирования состава судов из сухогрузной баржи-площадки водоизмещением по грузу 1258 т с наибольшей осадкой 1,58 м и шириной 15,4 м и буксира-толкача. Глубина в акватории причала должна быть не менее 300 см. Дноуглубление планируется выполнять земснарядом производительностью 2500 м<sup>3</sup>/ч.

Для обеспечения гарантированных габаритов судового хода на подходном канале запланированы примыкающие друг к другу прорези – основная и подготовительная (рисунок 1).

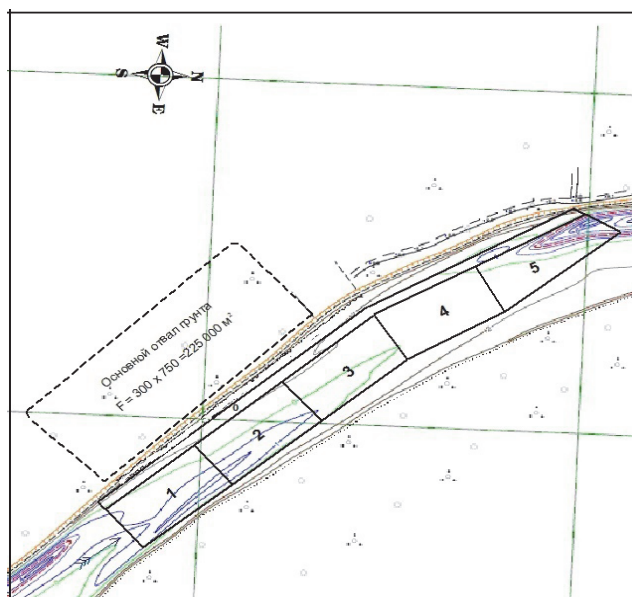


Рисунок 1 – План участка реки с прорезью

Основная прорезь обеспечивает подход к самому причалу и маневры теплохода с баржей. Длина основной прорези – 1584 м, ширина – 150 м, общая площадь – 227160 м<sup>2</sup>. Объем дноуглубительных работ – 698900 м<sup>3</sup>.

Достаточно масштабные дноуглубительные работы с использованием мощного земснаряда в относительно узкой протоке могут представлять опасность, как для экосистем ее акватории, так и для гидрологического режима водотока [1, 2], поэтому в проекте подходного канала было предусмотрено несколько нестандартных решений.

Дноуглубление должно производиться в несколько этапов: сначала осуществляется уборка почвенно-растительного слоя на берегу и разрабатывается подготовительная прорезь, затем по очереди разрабатываются участки 1-5. Такая периодичность позволит не допустить посадок уровня и смещения песчаных гряд на участок работ. Извлекаемый грунт незамедлительно удаляется за пределы водоохранной зоны на расстояние не менее 200 м от береговой линии.

Оценка устойчивости русла протоки рассчитана для всех запланированных прорезей при уровне (650 см), соответствующем руслоформирующему расходу воды в протоке (3000 м<sup>3</sup>/с). В целом прорезь устойчива.



Ихтиофауна на данном участке довольно разнообразна и может насчитывать до 20 видов рыб, относящихся к следующим семействам: миноговые, осетровые, сиговые, щуковые, карповые, вьюновые, налимовые, окуневые. Среди представителей сиговых чаще других встречаются пелядь и муксун, реже – нельма, наиболее массовые – карповые рыбы. Непосредственно в протоке доминируют такие виды как окунь, елец, судак. Высокие уровни воды в протоке и значительные скорости течения не делают ее привлекательной в качестве нерестилищ, продолжительность обитания молоди на участке работ незначительна, подросшая молодь придерживается правого берега где имеются прибрежные мелководья: по опубликованным данным ЗапСибНИИБАК ее концентрация не превышает 8 экз./100м<sup>2</sup>.

Зообентос представлен ценными в кормовом отношении группами беспозвоночных: личинками хирономид и других насекомых, моллюсками. На пойменных участках в летнее время биомасса зообентоса колеблется в пределах 0,43-13,60 г/м<sup>2</sup>, однако, на бедных поймах она значительно ниже (около 0,15-0,2 г/м<sup>2</sup>), поэтому для поймы протоки Старая Обь может быть принята величина 0,6 г/м<sup>2</sup>. В видовом составе зообентоса по отдельным участкам Оби значительных различий не наблюдается, что объясняется сходством биотопов (заиленные песчанно-глинистые участки). Доминирующими формами являются хирономиды, которые составляют до 90% от общей численности.

Зоопланктон представлен коловратками, циклопами, ветвистоусыми рачками, копеподами. В самой протоке концентрация зоопланктона довольно мала: средняя биомасса по сезонам может колебаться от 40 мг/м<sup>2</sup> до 110 мг/м<sup>2</sup>, среднее многолетнее составляет примерно 52 мг/м<sup>2</sup> (неопубликованные данные ЗапСибНИИБАК).

Вред, наносимый водным биоресурсам, складывается, в данном случае, из гибели зообентоса в протоке на площадях разрабатываемых прорезей, гибели организмов зообентоса на площади осадения взвеси в зоне взмучивания, гибели организмов планктона во взмучиваемом объеме воды при проведении дноуглубительных работ, гибели организмов зообентоса в пойме на участке отвала грунта.

Исчисление размера вреда, наносимого рыбным ресурсам, выполнено исходя из продуктивности кормовых организмов (зоопланктона и зообентоса) и степени допустимого использования их рыбами по рекомендованной «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» [3].

Размеры потерь зоопланктона будут незначительны, так как отвал грунта осуществляется на берег, в связи с чем, пятно мутности, соответствующее работе плавкрана с грейфером и многочерпакового земснаряда составит около 100 м в длину и 40 м в ширину, что при средней глубине в 3 м даст 12 тыс. м<sup>3</sup> взмученной воды. Также частичная гибель планктона будет происходить при интенсивном перемешивании воды черпаками земснаряда: объем данной воды можно принять равным трехкратному выполняемых прорезей.

Потери ихтиомассы от гибели зоопланктона рассчитываются по формуле (1), а ущерб от потери зообентоса в русле водотока по формуле (2)

$$N = B \left( 1 + \frac{P}{B} \right) W \frac{k_1}{100} \frac{1}{k_2} d \cdot 10^{-3}; \quad (1)$$

$$N = B \left( 1 + \frac{P}{B} \right) S \frac{k_1}{100} \frac{1}{k_2} \theta \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

- где  $N$  – величина ущерба, кг;  
 $B$  – биомасса кормовых организмов, г/м<sup>3</sup> или г/м<sup>2</sup> (принимается для бентоса в русле равным 0,5, для бентоса на пойме – 0,6, для планктона – 0,052);  
 $P/B$  – коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов (для бентоса 5, для планктона – 11);  
 $W$  – объем взмученной воды, м<sup>3</sup>;  
 $S$  – площадь повреждения дна, м<sup>2</sup>;  
 $k_1$  – показатель предельно возможного использования кормовой базы рыбой, в процентах (50% для бентоса и 60% для планктона);  
 $k_2$  – кормовой коэффициент для перевода продукции кормовых организмов в рыбопродукцию (6 для бентоса и 8 для планктона);  
 $d$  – степень воздействия, или доля количества гибнущих организмов от общего их количества в долях единицы (для планктона при разработке прорези 1,0, от воздействия зоны мутности – 0,5);



$\theta$  – коэффициент продолжительности воздействия и времени восстановления исходной биомассы кормового бентоса (1,83).

Расчёт ущерба от потери кормовых организмов представлен в таблице 1. В пересчёте на ихтиомассу потери составят около 503 кг. Учитывая, что влияние дноуглубления скажется только на нижней части протоки, возобновление биоресурсов произойдет достаточно быстро за счет интенсивного руслового процесса [1, 2], можно утверждать, что дноуглубление при выполнении данного проекта не повлияет негативно на экологические условия жизнеспособности рыбных ресурсов.

*Таблица 1 – Расчет ущерба биоресурсам в пересчете на ихтиомассу*

| Биотоп  | Кормовые организмы | $W$ (м <sup>3</sup> ) или $S$ (м <sup>2</sup> ) | $N$ , кг |
|---|--------------------|---|----------|
| От разработки прорези (деятельности дноуглубительной техники) |                    |   |          |
| Русло   | Бентос             | 273960  | 124,39   |
|   | Планктон           | 2710200   | 119,13   |
| От воздействия зоны мутности                                  |                    |   |          |
| Русло   | Бентос             | 12000   | 5,49     |
|   | Планктон           | 36000   | 0,78     |
| От воздействия на пойму отвала грунта                         |                    |   |          |
| Пойма   | Бентос             | 675000  | 253,3    |
| Итого ущерба  |                    |   | 503,0    |

Предлагается компенсировать утраченную ихтиомассу искусственным воспроизведением рыбы, для чего можно использовать наиболее распространенный вид сиговых рыб – пелядь (или иной вид рыб). Генеральный подрядчик до начала работ заключает со сторонней организацией договор на воспроизведение товарной рыбы (массой равной теряемой ихтиомассе) путем воспроизведения и выпуска в водный объект соответствующего количества экземпляров молоди рыб.

Количество экземпляров молоди, необходимой для компенсации вреда рассчитываем по формуле (3)

$$L = \frac{N}{\rho S}, \quad (3)$$

где  $L$  – количество воспроизводимых сеголеток, штук;

$\rho$  – средняя масса одной особи (товарной массы), кг;

$S$  – коэффициент промвозврата.

Коэффициенты и показатели предлагаемых видов рыб, количество молоди, необходимой для компенсации ущерба представлены в таблице 2.

*Таблица 2 – Количество рыбопосадочного материала для компенсации потерь водных биоресурсов в размере 503 кг*

| Вид рыб  | $S$ – коэффициент промвозврата, % | $\rho$ – средняя масса производителей, кг | Количество сеголеток, экз |
|----------|-----------------------------------|---|---------------------------|
| Муксун   | 1,8                               | 1,6                                       | 17465                     |
| Пелядь   | 1,4                               | 0,35                                      | 102563                    |
| Хариус   | 0,6                               | 0,23                                      | 364492                    |
| Стерлядь | 2,75                              | 0,25                                      | 73163                     |
| Нельма   | 0,8                               | 3,0                                       | 20958                     |
| Щука     | 2,2                               | 1,0                                       | 22863                     |
| Язь      | 1,9                               | 0,6                                       | 44122                     |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Седых, В.А. О формировании биоценоза в районе гидротехнических сооружений у Новосибирского северного обьездного моста / В.А. Седых, М.А. Бучельников // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2014. -№3. -С. 77-79.
- Бучельников, М.А. Экологическая оценка планируемых дноуглубительных работ на Колпашевском перекате р. Оби / М.А. Бучельников // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С. 230-233.
- Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам (Утверждена Приказом №1166 Росрыболовства от 25 ноября 2011 года, зарегистрирована в Минюсте России 5 марта 2012 г. №23404).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дноуглубление, бентос, планктон, река Обь  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Бучельников Михаил Александрович, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Ермоленко Ольга Валерьевна, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## БИОРЕМЕДИАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЧЕРВЯНСКОГО ХОЛМА ПРИ РАЗЛИВАХ ПЛАСТОВЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД

Тобольская государственная социально-педагогическая академия им. Д.И. Менделеева, филиал ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет»  
ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» Уральского отделения РАН

Н.Г. Ильминских, А.Г. Иванова, Д.В. Таратынов

### ABILITY OF GRASSY PLANTS OF CHERVYANSKIY HILL TO PURGE FROM THE STRATUM MINERALIZED WATERS

Tobolsk state social and pedagogical academy named D.I. Mendeleev  
Tobolsk complex research station  
N.G. Ilminskih, A.G. Ivanova, D.V. Taratynov

The capabilities of grassy plants are probed, to take in the ions of chlorine from soils, muddy stratum mineralized waters.

*Keywords: renewal of soil, mineral underground waters, asters by a salt-marsh (Aster tripolium)*

Исследованы способности травянистых растений поглощать ионы хлора из почв, подверженных техногенному галогенезу вследствие разливов пластовых минерализованных вод.

Сегодня нефть и природный газ остаются по-прежнему очень востребованным сырьем во всем мире. Значительная доля в экономике нашей страны принадлежит нефтяной промышленности. Однако это обостряет экологическую проблему, которая связана с разливами нефти и пластовых минерализованных вод (ПМВ) [1, 2].

Разливы пластовых минерализованных вод ведут к техногенному галогенезу почв. Данный процесс особенно опасен для территорий с промывным режимом увлажнения почв, то есть для северных природных зон. Их биота совершенно неадаптирована к воздействию солей, а разлитие ПМВ для нее представляет экологическую катастрофу [1].

В целях содействия решению данной проблемы на опытном поле «Миссия-2», принадлежащем Тобольской комплексной научной станции УрО РАН, произведено моделирование разливов пластовых минерализованных вод. Для этого были проведены предварительные работы по приготовлению раствора ПМВ, приближенного по химическому составу к минерализованным водам Мишкинского месторождения Удмуртии, а также выбраны, «разбиты» и промаркированы опытные участки: заболоченный лес (у юго-восточного подножия холма), сосновый лес (на склоне западной экспозиции), плакорный луг (на вершине Червянского холма), смешанный лес (на вершине), молодой березовый лес (на вершине), суходольный луг (на склоне юго-восточной экспозиции) [3].

После окончания разливов ПМВ в весенний период 2013-2014 гг. с целью усиления биоремедиации территории были высажены семена Астры солончаковой (*Aster tripolium*). Данный вид галофитов выбран не случайно, поскольку является быстрорастущим, одно растение имеет значительную массу, его стебли довольно большой толщины. Кроме того, *Aster tripolium* для Тюменской области является интродуктивным растением, его типичные места обитания характеризуются высокоминерализованным составом почв (солончаки, солоды и солонцы).

Спустя три месяца после моделирования были отобраны образцы растений, типичных для Червянского холма и выращенной искусственно Астры солончаковой.

В лаборатории прикладной экологии филиала ТюмГУ г. Тобольск методом колориметрии был проведен химический анализ фитомассы, который подтвердил лучшую усвояемость хлоридов галофитами вида *Aster tripolium* по сравнению с другими растениями Червянского холма (рисунок 1 и 2).

Среди типичных для Червянского холма и Уватского района видов растений больше всего ионов хлора наблюдалось у семейств злаковых и осок.

Относительно низкими показателями содержания хлоридов в фитомассе характеризуются образцы, отобранные спустя три месяца после зимних разливов минерализованных вод. Это объясняется большой водностью и связанной с ней промываемостью почв Червянского холма в весенний период. Максимальные же биоремедиационные возможности растений можно наблюдать в летний период (рисунок 1).

Биоремедиационная способность *Aster tripolium*, высаженного искусственно осенью и весной, существенно отличается от возможности типичных для ландшафта видов растений (рисунок 2).

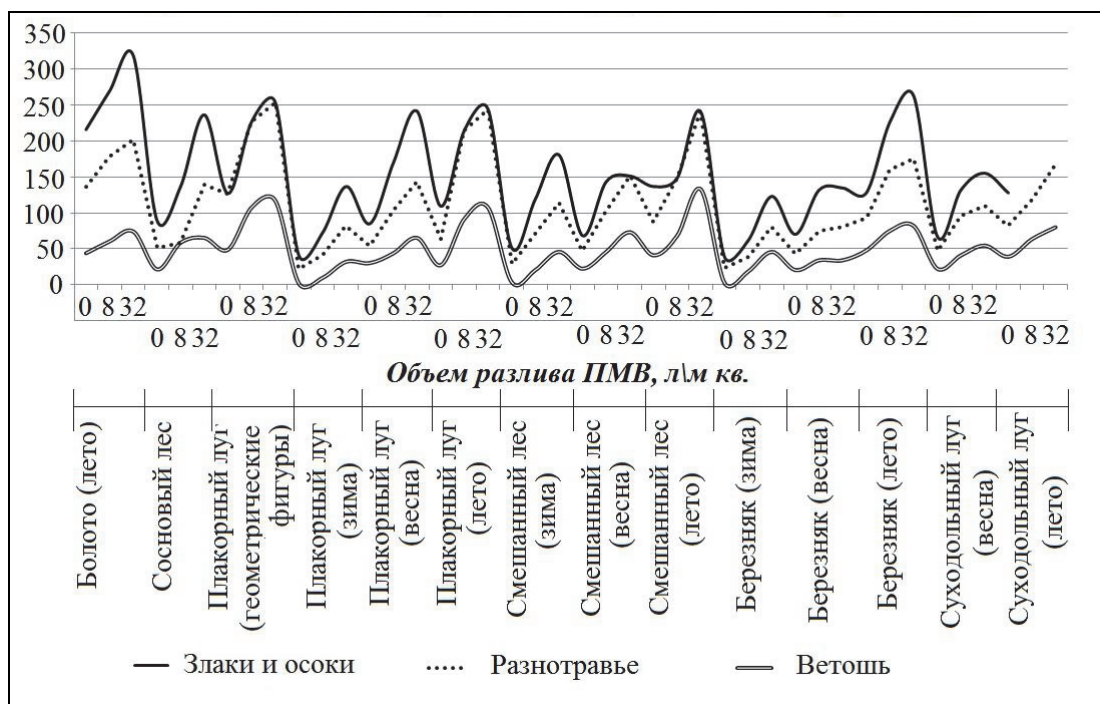


Рисунок 1 – Содержание ионов хлора в растениях Червянского холма спустя три месяца после моделирование разливов ПМВ

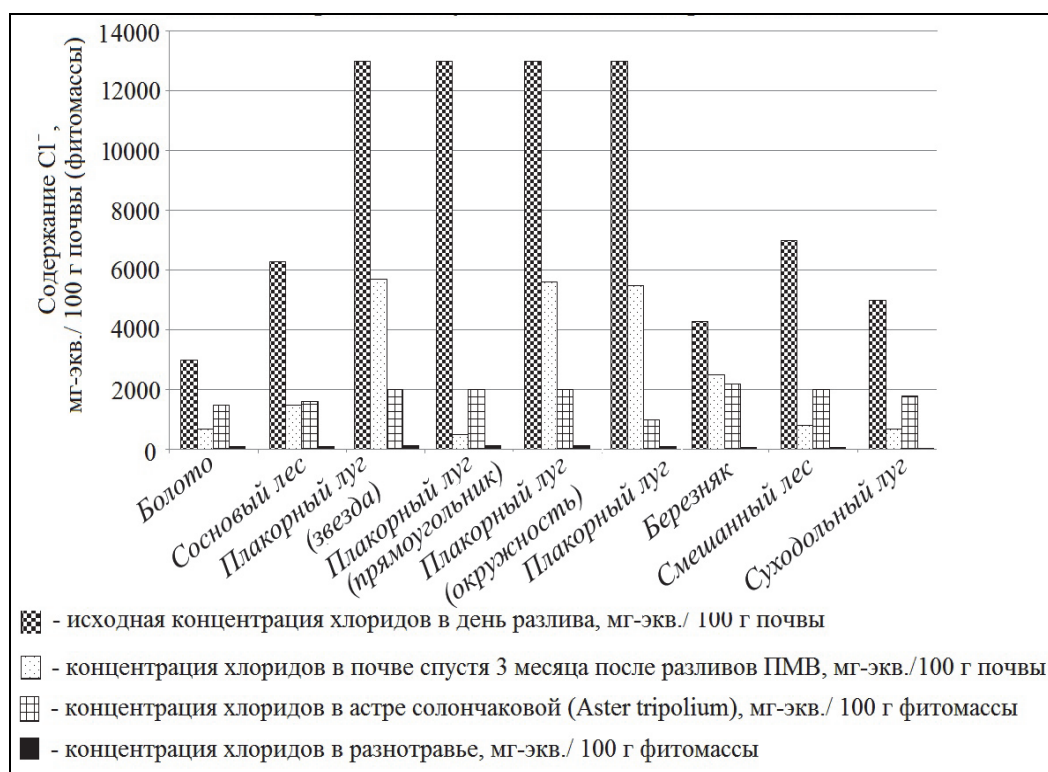


Рисунок 2 – Содержание хлоридов в почвах Червянского холма и биоремедиационная способность растений

Астра солончаковая в большинстве случаев способна вытягивать из загрязненных почв до 30% исходного хлора, 30-50% остаточного хлора.

Вывод. Продолжительность биоремедиации почв, загрязненных пластовыми минерали-

зованными водами, сокращается в 0,5-2 раза, если в данном процессе участвует Астра солончаковая (*Aster tripolium*), что позволяет говорить о высокой биоремедиационной эффективности данного вида.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ильминских, Н.Г. Динамика травянистой растительности при воздействии нефтяных пластовых минерализованных вод / Н.Г. Ильминских, А.Г. Иванова, Д.В. Таратынов // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№2. -С. 362-364.

2 Таратынов, Д.В. Методика проведения полевых исследований техногенного галогенеза почв на опытном участке / Д.В. Таратынов, Н.Г. Ильминских // Наука и образование в XXI веке: мат-лы Межд. научн.-практ. конф.: часть 33. -Тамбов: Изд.-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. -С. 93-94.

3 Таратынов, Д.В. Орографические условия распространения пластовых минерализованных вод на примере Червянского холма / Д.В. Таратынов // Наука и образование в жизни современного общества: мат-лы Межд. научн.-практ. конф.: часть 17. -Тамбов: Изд.-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. -С. 160-161.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *рекультивация почвы, пластовые минерализованные воды, астра солончаковая (Aster tripolium)*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Ильминских Николай Геннадьевич, докт. биол. наук, профессор ТКНС УрО РАН  
Иванова Алена Геннадьевна, аспирант ТГСПА им. Д.И. Менделеева, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГУ»  
Таратынов Дмитрий Валерьевич, аспирант ТГСПА им. Д.И. Менделеева, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГУ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *626150, г.Тобольск, ул.Академика Осипова, 15, ТКНС УрО РАН  
626150, г.Тобольск, ул.Знаменского, 58, ТГСПА им. Д.И. Менделеева, филиал ФГБОУ ВПО «ТюмГУ»*

## ЭТИКА В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.Г. Комарова

### ETHICS IN THE ENGINEERING EDUCATION

Siberian state university of water transport

L.G. Komarova

The main purpose of this article is to increase prestige of humanitarian disciplines, especially the ethics, in the system of engineering education. In this article we can see the influence of ethics on intellectual development of future specialist, on raising his moral maturity, professional responsibility and civic spirit.

*Keywords: innovation economics, engineering education, humanitarian culture, mental crisis, ethics*

Ставится задача повышения престижа дисциплин гуманитарного цикла, в особенности этики, в системе инженерного образования. Рассматривается влияние этики на духовное развитие будущего специалиста, на повышение у него уровня моральной зрелости, профессиональной ответственности, гражданственности.

Сегодня важной стратегической задачей в нашей стране объявлен переход к инновационной экономике, к «экономике знаний». В выступлении ведущих политических деятелей, публицистов, ученых мы постоянно слышим слова: модернизация, инновации, реиндустриализация.

Это означает, что во всех отраслях народного хозяйства должен неуклонно возрастать удельный вес производства на базе новых и новейших открытий в науке. Политиков и ученых, обсуждающих эту проблему, объединяет убеждение, что только решение этой задачи обеспечит нашей стране достойное место в системе международного разделения труда и станет фактором, обеспечивающим стабильность и безопасность государства.

Анализ мировой практики сегодня показывает, что инновационная способность нации связана не только и не столько с уровнем развития науки в конкретной стране, сколько с состоянием ее инженерной системы. Как свидетельствуют впечатляющие успехи экономического развития ряда стран, таких как Финляндия, Япония, Корея, не особо продвинутых в области фундаментальных исследований, основу инновационной экономики у них составляет именно инженерное творчество [1].

Для человека творчество – всегда прорыв из царства необходимости в царство свободы, так как творчество только и возможно как осуществленная свобода. Однако, парадоксальная сущность свободы проявляется в том, что она может быть реализована как во благо, так и во зло, как в нравственном, так и в безнравственном деянии. Инженерное творчество здесь не исключение. Высококласные ученые и инженеры Германии создали в годы Второй мировой войны эффективные методы массового уничтожения людей. Целые коллективы талантливых ученых работают сегодня над совершенствованием ядерного, химического, бактериологического оружия, изобретают методы психотропного воздействия на человека, безответственно экспериментируют в области геномной инженерии.

Здесь мы обнаруживаем одно из фундаментальных противоречий, с которым человечество столкнулось уже в глубокой древности – это противоречие между необычайно быстро растущими интеллектуально-технологическими возможностями человека и его недостаточным духовно-нравственным развитием.

Платон упрекал своих соотечественников в том, что они пошли по пути стремления к внешнему благополучию, материальному процветанию и могуществу, вместо того, чтобы заняться внутренним самосовершенствованием. Платон был учеником Сократа, который учил, что самое ценное в человеке – его нравственное достоинство, выраженное прежде всего в приверженности справедливости. По его словам, ничего «нельзя ставить выше справедливости – ни детей, ни жизнь, ни что-либо еще» [2].

Идея о том, что материальная цивилизация портит человека, разрушает его духовность, «повреждает нравы», разрабатывалась в европейской культуре на протяжении веков от раннехристианского богослова Тертуллиана до Жан-Жака Руссо и Льва Толстого уже в Новое время.

То, о чем тревожно, в форме утопических пророчеств, предупреждали отдельные про-

зорливые мыслители прошлого, в наши дни становится очевидным. Все мы стали свидетелями того, как наука и технологическая мощь компьютерного века угрожающе соединились с моралью каменного века.

В этой связи показательным является приобретающий угрожающие масштабы международный терроризм. В этико-психологическом плане он уходит своими корнями в эпоху каменного века, каннибализма, кровной мести, когда жертвой мог стать любой «чужой», любой представитель другого рода или племени.

Только в руках современных каннибалов не дубина или каменный топор, а сложнейшая техника и компьютерные технологии, и они в состоянии не только терроризировать целые народы и страны, но и поставить все человечество на грань полного уничтожения.

Новые угрозы, встающие сегодня перед нами, ставят цивилизацию перед выбором – идти по пути беспредельного наращивания научно-технической мощи, которая сопровождается хаосом, дезорганизацией мирового порядка, упадком морали и огромными человеческими потерями, или выбрать иную дорогу, дающую надежду на согласие и мир. Выбирая второй путь, люди должны будут учиться слышать друг друга, договариваться друг с другом, ограничивать свои политические амбиции и эгоистические расчеты, то есть сделать базовые моральные ценности основой стратегии выживания.

У морали есть одно удивительное свойство – ее наличие незаметно в спокойные благополучные моменты жизни. Но зато ее упадок сказывается роковым образом. Вдруг обнаруживается, что хозяйственные успехи, экономическая стабильность, психологическое самочувствие зависят от морального состояния общества. Моральный выбор человечества определяет наше будущее, образ которого не может сегодня предсказать ни один футуролог.

Помимо внешних цивилизационных угроз мы сегодня сталкиваемся с угрозой моральной деградацией личности. Разлагающее влияние массовой культуры, успешно манипулирующей сознанием и поведением, направлено на формирование, прежде всего человека-гедониста, человека-потребителя. Ценности познания, творчества, искусства отступают перед жадной материальной успешностью любой ценой. Педагогическая общественность бьет тревогу по поводу удручающего невежества молодежи, как в естественнонаучной, так и в гуманитарной областях.

Все это свидетельствует об определенном духовном кризисе нашего общества, утрате жизненно важных для нашей страны ценностных ориентаций, что проявляется, помимо всего прочего, и в падении престижа ранее уважаемых профессий.

Не составляют исключения и инженерные профессии, престиж которых на сегодняшний день в нашей стране не высок. В системе приоритетов у молодежи по-прежнему лидируют юриспруденция, менеджмент, госслужба. Ясно, что решать проблему индустриализации при таком положении вещей будет невозможно. Очевидно, что потребуются целый комплекс экономических и политических решений, реализация которых будет способствовать выходу из сложившейся ситуации.

Более широкое включение гуманитарии и, в частности, этики, в обновленные программы инженерного образования соответствовало бы духу времени. Сегодня страна остро нуждается в специалистах, у которых фундаментальная общенаучная подготовка сочеталась бы с нравственной зрелостью, гражданственностью и гуманистическими идеалами.

Роль гуманитарии в формировании творческого потенциала специалиста общепризнана. В отличие от так называемых точных наук в гуманитарии нет однозначных выводов и непререкаемых истин. Здесь молодой человек учится самостоятельно осмысливать и оценивать разнообразные философские идеи, исторические события, исторических личностей. Такого уровня интеллектуальной свободы, который обеспечивает гуманитарное мышление, нет, и не может быть в естествознании. Благодаря этой особенности, гуманитарные науки влияют на общее духовное развитие человека, способствуют наращиванию его интеллектуально-творческого потенциала, формируют у него продуктивное воображение. Естествознание вне морально по своей природе, тогда как гуманитария способна обеспечить воспроизводство и развитие ценностной сферы в обществе и государстве.

Однако мы видим, что в целом из года в год происходит снижение статуса гуманитарных дисциплин. Постоянно сокращается число часов, отводимых на эти науки. Снижение значимости предметов гуманитарного направления проявляется и в том, что преподавателей лишают такого дисциплинирующего и определенным образом стимулирующего инструмента как экзамен.

Возьмем в качестве примера этику. Этика традиционно числилась и продолжает чис-



литься в разряде дисциплин с солидной репутацией (века истории и великие имена), но как-то необязательных, предлагаемых от случая к случаю. Судьба этики в структуре учебных планов незавидна и во многом зависит от широты взглядов и доброй воли руководства вуза. Ею обычно жертвуют или, в лучшем случае, переводят в разряд факультативных курсов всякий раз, когда речь идет о перегруженности студентов.

Поразительная неактуальность этики имеет, на наш взгляд, глубокие мировоззренческие предпосылки. Они кроются в господстве сциентистских ориентаций, сформированных в обществе под влиянием триумфальных побед естествознания. За известной шуткой Резерфорда о том, что все науки делятся на физику и коллекционирование бабочек, кроется широко распространенное пренебрежительное отношение к наукам «неточным» и, в силу этого, малоэффективным.

Вместе с тем сам факт неактуальности, не востребованности этики находится в вопиющем противоречии с тревожными констатациями упадка общественной морали, с признанием того, что без расширения сферы моральной мотивации мы не можем решить проблемы экологии, демографии, экономики. Если мы сегодня будем «сеять разумное, доброе, вечное», то, по выражению Д.И. Менделеева, этот «посев научный взойдет для жатвы народной». Мы уже упоминали о трагическом разрыве между уровнем технологической мощи современного человечества и его моральным сознанием. В связи с этим встает вопрос о необходимости сопряжения технической деятельности человека с этикой, прежде всего с этикой ответственности. Оценка эффективности тех или иных технических инженерных проектов должна учитывать человеческое, моральное измерение. Группа немецких философов предложила в этих случаях руководствоваться (помимо экономических и чисто функциональных критериев) следующими ценностями: развитием личности, развитием общества, благосостоянием людей, здоровьем людей, безопасностью техники, экологическим качеством [3].

Свобода творчества, в том числе инженерного, не ограниченная моральными рамками идей жизнеспособности, идей ответственности, сегодня опасна как никогда. Зачастую инженеру приходится выбирать в ходе окончательного принятия решения между соображениями экологической безопасности и экономической эффективностью, между развитием личности и функциональной эффективностью тех или иных технологических идей. И всякий раз моральное сознание, ориентируясь на гуманистические ценности, потребует от творцов добровольного самоограничения и определенной жертвы, если результаты их работы не способствуют развитию человека как свободной и творческой личности, ущемляют его религиозные чувства, разрушают историческую память.

Инженерная этика как совокупность норм, регулирующих поведение человека начала формироваться давно, еще в пору промышленного переворота XVIII-XIX вв. К числу ее норм традиционно относили такие издавна ценимые качества как добросовестное отношение к работе (честное, прилежное, ответственное), создание и усовершенствование технических устройств, которые приносили бы людям пользу и наносили бы минимальный вред природе.

Стремительный прогресс в научно-технологической деятельности ведет к корректировке этических норм и появлению новых сфер технической деятельности, нуждающихся в моральной регуляции.

Одной из таких форм соприкосновения этики и техники является сегодня компьютерная этика. В общем и целом компьютерная этика ставит вопрос о правильном, безопасном использовании информации в информационном обществе. Элементами ее содержания являются этические нормы создания, распространения и использования информации, защиты и сохранения ее конфиденциального характера.

Этическое просвещение не должно оставить без внимания сегодня тесную связь между процессами информатизации и милитаризации, что представляет растущую угрозу человечеству в ядерно-космический век. Известно, что сегодня информационные технологии широко используются для манипулирования общественным мнением, для контроля над людьми, для всех видов шпионажа.

Задача гуманитарных наук, и этики, прежде всего, очень точно и афористично, на наш взгляд, сформулирована философом и культурологом В.М. Розиным. Образование должно, по его убеждению, воспитать человека, ставшего на путь «духовной навигации». «Духовная навигация, – пишет он, – это наблюдение за собой, продумывание своей жизни, ее смысла и назначения, это стремление реализовать намеченный жизненный сценарий, отслеживание того, что из этого получается реально, осмысление опыта своей жизни, собирание себя вновь и вновь..., это ориентация на положительные ценности (сохранение и возобновление

жизни, помощь другим, противостояние злу и прочее)» [4]. Только при этом условии информатизация будет развиваться в гуманистическом, информационно безопасном обществе.

Включение этики, техноэтики в частности, сегодня, по мнению научно-педагогической общественности, выходит за рамки внутриотраслевых задач и становится общецивилизационной проблемой. Ссылаясь на опыт организации научно-технического образования Европы и США в самых передовых «продвинутых» инженерных вузах, авторы статьи «Гуманитарная составляющая университетского научно-технического образования» И.И. Ашмарин и Е.Д. Клементьев приводят впечатляющие данные о насыщенности учебных программ этих вузов разнообразными гуманитарными циклами. Это говорит о том, что в стратегии высшего технического образования в развитых странах большое внимание уделяется развивающему потенциалу этих наук [5].

В конечном счете, современное понимание модернизации полагает ее не только как сугубо технологический прорыв, но и как движение к более цивилизованным и гуманным общественным отношениям.

Включение этики в образовательные программы технических вузов потребует принятия решения на самом высоком государственном уровне. Авторитетное государственное решение, опирающееся на инициативу экспертного сообщества, могло бы существенно изменить положение дел в этой области. Еще в конце XIX века В.С. Соловьев призывал превратить нравственность в «общее дело» при обязательном участии государства. «Государственный акт, – пишет он в статье «Личная нравственность и общее дело» – сразу поднимает у нас уровень внутреннего нравственного сознания, то есть делает то, чего не могли сделать тысячелетия моральной проповеди» [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фиговский, О. Создание инновационного инженера -инновационная стратегия России / О. Фиговский // -Знание-сила. - 2012. -№8. -С. 27.
- 2 Платон. Сочинения: в 3-х т. / Платон. -М., 1968. -Т.1. -130 с.
- 3 Канке, В.А. Современная этика / В.А. Канке. -М.: Омега-Л, 2007. -327 с.
- 4 Розин, В.М. Кризис образования и новый опыт преподавания / В. М. Розин // -Высш. образов. в России. -2010. -№3. -С. 121.
- 5 Ашмарин, И.И. Гуманитарная составляющая университетского научно-технического образования / И.И. Ашмарин, Е.Д. Клементьев // -Высш. образов. в России. -2009. -№1. -С. 36.
- 6 Соловьев, В.С. Личная нравственность и общее дело / В.С. Соловьев. Собр. соч.: в 2 т. -М.: Правда, 1989. -Т.2. -С. 465.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *инновационная экономика, инженерное образование, гуманитарная культура, духовный кризис, этика*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Комарова Людмила Гедальевна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ СРЕДИ ВУЗОВ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**А.В. Мукасеев**

### **COMPETITIVENESS OF EDUCATIONAL SERVICES AMONG THE UNIVERSITIES**

**Siberian state university of water transport**

**A.V. Mukaseev**

This article speaks about the importance of higher education in the conditions of competition in a market.

*Keywords: competitiveness, quality, factor, method*

Рассматривается важность уровня высшего образования в условиях конкуренции при рыночных отношениях.

На сегодняшний день конкурентоспособность отражает качественную сторону образовательных услуг на рынке вузов. Рынок представляет собой ринг, где участвуют определенные предприятия. Кого-то ожидает победа, а кого-то поражение. Конкурентоспособность определяет экономическую, социальную перспективу и имидж предоставляемой услуги [3].

Эта тема актуальна в современное время тем, что в условиях конкуренции предприятиям, организациям требуется постоянно улучшать свои показатели, чтобы удовлетворять потребности потребителей. Для этого требуются специалисты высокого уровня знаний в разных сферах [2].

Конкурентоспособность на данный момент имеет множество определений. Но одно из них отражает наиболее ясно всю сущность этого понятия. Конкурентоспособность - это свойство услуги, товара, субъекта рыночных отношений, связанного с возможностью выйти на рынок наравне с присутствующими там похожими услугами, товарами или конкурирующими субъектами рыночных отношений.

Данная статья посвящена конкурентоспособности в сфере образовательных услуг. Ее сущность заключается в постоянном поддержании информационных процессов, формирования, сохранения и развития устойчивых конкурентных преимуществ, обеспечивающих возможность максимально удовлетворить все запросы потребителя на определенный момент времени [3].

Конкурентоспособность образовательных услуг определяется как комплекс конкурентных преимуществ, позволяющих учебному заведению достигать контакта с потребителями, обеспечивая удовлетворения нужд на высшем уровне, определяется степенью конкурентоспособности специалистов на определенном рынке трудоустройства.

В значении понятий данного определения заложено несколько принципов [2].

Во-первых, конкурентоспособность образовательных услуг является фактом, фиксирующим появление конкурентных преимуществ.

Во-вторых, в кондиции постоянного изменения ситуации конкурентов на рынке образовательных услуг главным является стабильность взаимодействия с потребителями, предусматривая постоянные развития в деятельности предприятия, направленные на их сохранение долгое время.

В-третьих, конкурентоспособность образовательных услуг – это то, чем они привлекательны для потребителя (по составу, приоритетности и т.д.).

В-четвертых, конкурентоспособность образовательных услуг проявляется через качества специалистов (их знаний, умений, навыков, изобретательности), а так же полных реализаций сформированных в процессе обучения профессиональных, личностных и индивидуальных свойств.

Важным и факторами конкурентоспособности образовательных услуг являются [1]:

– Качество (период деятельности ВУЗа в сфере образовательных услуг, доступ к материально технической базе в период обучения, наличие лицензии, прохождение всех аттестаций, получение своевременно консультаций).

– Цена (уровень оплаты в ВУЗе за обучение, оплата за дополнительные образовательные услуги, гибкость всей совокупности оплаты образовательных услуг и др.).

– Рекламная компания и сервисное обслуживание (удобное географическое расположение ВУЗа, возможность трудоустройства, распределение, консультирование и трудоустройство после окончания вуза, информационное обслуживание, маркетинг и т.д.).

– Эксплуатационные затраты (наличие курсов о повышении квалификации, непрерывное осуществление подготовки и переподготовки кадров).

Совокупность факторов подразделяются на внутренние и внешние [1].

Внешние факторы являются необходимыми для согласования изменений экономики страны с развитием образования. Если в других отраслях разные экономические отношения становятся рыночными, то это точно ведет к распространению и зарождению похожих отношений во взаимосвязях учебных заведений с предприятиями и учреждениями остальных отраслей и внутри сферы просвещения.

Внутренние факторы предполагают глобальные изменения в системе финансирования внутри изучаемых наук, в положении каждого вуза, преподавателя, а так же обучаемого; потому, что он является потребителем образовательных услуг. На смену прежнему чрезмерному контролю учебной и другой деятельности трудовых коллективов образовательных учреждений пришла демократия. И теперь большинство учебных заведений действуют самостоятельно.

Рассмотрим более подробно внутренние и внешние факторы, влияющие на становление нового организационно-экономического механизма образования. К важнейшим из них относятся [2]:

– необходимость усовершенствования управления образованием;

– процессы постоянного институционального развития;

– изменения в территориальной организации системы образования;

– формирование нормативно-правовой и законодательной базы;

– развитие международного сотрудничества, чтобы не отставать от уровня качества

иностранных ВУЗов;

– учет изменений в демографической ситуации.

Предоставление образовательной услуги включают такие качества объекта, как:

– качество управления (назначение, принципы, методы, цели, структура, организация планирования);

– структура построения программы образовательной услуги;

– качество ресурсного обеспечения процесса предоставления услуги: аудитории, оборудование, лаборатории, наличие библиотеки (учебная литература, пособия и т.д.); профессорско-преподавательского и вспомогательного состава.

Качество процесса предоставления образовательной услуги определяется по нескольким критериям:

– качество организации и использования применяемых технологий предоставления образовательных услуг;

– качество контроля над процессом предоставления услуги;

– качество контроля результатов предоставления услуги.

Одним из критериев качества образовательной услуги является трудоустройство выпускников. Только треть выпускников вузов на момент окончания учебного заведения, имеют постоянное место работы. Причина этого заключается в том, что работодатели неохотно принимают в штат молодых неопытных специалистов. Самая же существенная проблема - несоблюдение работодателями трудового законодательства и отсутствие правовой грамотности у молодых специалистов. Они не могут защитить свои права, даже когда нарушены условия их трудового договора. Есть несколько причин, по которым работодатели не хотят брать на работу молодых специалистов [4]: *они кичатся своим высшим образованием*; большинство молодых специалистов никогда не работали по специальности и не собираются расширять свой кругозор.

Существуют методы оценки образовательных услуг. Метод оценки степени качества образовательной услуги имеет три вида [5]:

– дифференциальный;

– комплексный;

– смешанный.

Дифференциальный метод оценки уровня качества услуги основывается в сопоставлении единичных показателей качества оцениваемого типа услуг с соответствующими показателями базового образца. При этом определяется, достигает ли качество оцениваемой услуги качеству базового образца в целом; какие единичные показатели взятой услуги превосходят или не соответствуют показателям качества базового образца, а еще насколько отличаются друг от друга похожие единичные показатели свойств.

К квалификационному методу в первую очередь относится дифференциальный метод оценки уровня качества, который позволяет определить услугу по таким категориям качества, как «превосходит», «соответствует» или «не соответствует» определенному уровню качества похожей услуги.

Комплексный метод оценки уровня качества рассматривает использование обобщенного показателя качества. Данный метод используют в таких случаях, когда возможно лучше степень качества выразить каким-либо числом. Совокупность единичных показателей необходимо объединять с целью получения одного комплексного значения.

Сущность смешанного метода состоит в том, что все или какая-то часть единичных показателей качества объединяют в группу и для них определяют комплексный показатель. Единичные показатели объединяют в группы в зависимости от уровня качества оценки. Числовые значения полученных групповых (комплексных) показателей и самостоятельно учитываемых единичных показателей сопоставляют соответствующему базовому показателю, то есть используют принцип дифференциального метода оценки качества услуги.

В завершении хочется отметить, что модернизация системы управления и обеспечения конкурентоспособности, научных и научно-педагогических кадров на данный момент обретают главное значение; так как именно специалисты высшей квалификации являются особым фактором повышения интеллектуального статуса страны и обеспечения ее устойчивого инновационного развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Голик, А.Совокупность внешних факторов конкурентоспособности вуза / А. Голик // -Высш. образов. в России. -2007. -

№7. -С. 152.

2 Губарев, В.В. Системное представление о качестве образования / В.В. Губарев // -Стандарты и качество. -2009. -№1. -С. 52-54.

3 Корчагова, Л.А. Оценка конкурентоспособности университета / Л.А. Корчагова // Маркетинга в России и за рубежом. -2007. -С. 25.

4 Куцев, Г.Р. Обеспечение качества высшего образования в условиях рыночной экономики / Г.Р. Куцев // -Педагогика. -2009. -№3. –С. 141.

5 Болотов, В.А. Системы оценки качества образования: учебное пособие / В.А. Болотов, Н.Ф. Ефремова. -М.: Логос: Университетская книга, 2007. -270с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** конкурентоспособность, качество, фактор, метод

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Мукасеев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

|   |    |
|---|----|
| <b>Зачёсов А.В.</b><br>РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ СИБИРИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ .....  | 3  |
| <b>Красильникова Т.Г., Потапенко А.М.</b><br>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ<br>СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СИБИРЬ-УРАЛ .....   | 7  |
| <b>Седунова М.В.</b><br>ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАВОЗА ГРУЗОВ В ПУНКТЫ РЕКИ ИНДИГИРКА .....   | 11 |
| <b>Боровская Ю.С., Зыкова В.Ю.</b><br>ЕДИНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В СОГЛАСОВАННОЙ РАБОТЕ РЕЧНОГО ПОРТА И<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ .....  | 15 |
| <b>Мукасеев А.В.</b><br>РАСХОДЫ, ЗАТРАТЫ И ИЗДЕРЖКИ В УПРАВЛЕНЧЕСКОМ УЧЕТЕ .....  | 18 |
| <b>Мукасеев А.В.</b><br>МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ .....   | 19 |
| <b>Платонов А.А.</b><br>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОРОЖНО-РЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ<br>СРЕДСТВ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ .....  | 21 |
| <b>ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>  |    |
| <b>Дёмин Ю.В., Демьянчук А.В., Палагушкин Б.В., Алаев Е.Г., Ивашкин С.В., Кузнецов А.Ю.</b><br>СОГЛАСОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И НАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ<br>ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГОЛОЛЕДА ..... | 25 |
| <b>Фомичева Н.Н., Тушина А.С.</b><br>РАСЧЕТ РАЗЛОМА ЛЬДИН ПРИ ПРОПУСКЕ ЧЕРЕЗ ГИДРОУЗЛЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ<br>ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....   | 27 |
| <b>Кураксин А.А., Шемякин А.В.</b><br>МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО<br>ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ПО КРИТЕРИЮ ЗАДЕРЖКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ .....                     | 30 |
| <b>СУДОВОЖДЕНИЕ</b>   |    |
| <b>Комаровский Ю.А.</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ СПУТНИКОВЫМ КОМПАСОМ JLR-20 .....  | 34 |
| <b>Комаровский Ю.А.</b><br>РАСЧЁТ ПОПРАВОК К ОТСЧЁТАМ МАЛЫХ АБСОЛЮТНЫХ СКОРОСТЕЙ СУДОВОГО GPS-<br>ПРИЁМНИКА .....   | 37 |
| <b>ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА</b>  |    |
| <b>Викулов С.В.</b><br>ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОМПЛЕКСА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ<br>ДИЗЕЛЕЙ .....   | 41 |
| <b>Надежкин А.В., Хъеу Х.Ч., Лыу К.Х.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВА И<br>ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ .....                                   | 44 |
| <b>Шувалов Г.В.</b><br>МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В НЕФТЕПРОДУКТАХ .....   | 48 |
| <b>Шувалов Г.В.</b><br>МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ<br>НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УСТАНОВКЕ «ИТКОН» .....   | 54 |
| <b>Шувалов Г.В.</b><br>РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В НЕФТЕПРОДУКТАХ .....  | 57 |
| <b>Арабьян Л.К., Авотин А.С., Батаева З.Б., Кузьмин В.И.</b><br>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДКРЕПЛЕНИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....   | 61 |
| <b>Арабьян Л.К., Авотин А.С., Батаева З.Б., Кузьмин В.И.</b><br>ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСОВ СУДОВ .....  | 63 |
| <b>Байбиков А.С.</b><br>ПАРОВЫЕ АЭРОСТАТЫ КАК ЭКОЛОГИЧНЫЙ ВИД ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ<br>ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ, ЛЕСОЗАГОТОВОК И СПОРТИВНОГО ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ .....  | 65 |
| <b>Куделин О.Г., Фомин В.И.</b><br>СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ЭКСТРЕМУМА ДЛЯ НЕКОТОРОГО КЛАССА ФУНКЦИЙ НА СТЫКЕ<br>АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ .....   | 70 |
| <b>Иванчик И.С., Иванчик С.Н.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОКРЫТИЙ СФОРМИРОВАННЫХ<br>НА СТАЛЬНОЙ ОСНОВЕ .....  | 73 |
| <b>Куделин О.Г., Николаев А.Г.</b><br>ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЫХЛОПНОЙ ТРУБЫ НА АЭРОДИНАМИКУ ПОРЦИИ<br>ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ .....  | 76 |
| <b>Горелик Г.Б., Кончаков Е.И.</b><br>ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ .....   | 78 |
| <b>Кича Г.П., Тарасов В.В., Деревцов Е.М.</b><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СУДОВЫХ<br>ДИЗЕЛЯХ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ВОССТАНОВЛЕННЫХ<br>ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ .....  | 83 |



---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Смирнов В.А., Синюгин К.С.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ<br>ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В СИСТЕМЕ SIMULATIONX .....                      | 92  |
| <b>Глушков С.П., Долгополов Г.А., Лебедев Б.О.</b><br>О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ СУДОВЫХ СИСТЕМ.....   | 96  |
| <b>Долгополов Г.А., Коновалов В.В., Лебедев Б.О.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ.....  | 98  |
| <b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА</b>   |     |
| <b>Дёмин Ю.В., Будкин А.С., Палагушкин Б.В., Алаев Е.Г., Ивашкин С.В., Кузнецов А.Ю.</b><br>МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИСТОРНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ .....              | 101 |
| <b>Зарубин А.А.</b><br>ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПРОБЛЕМЕ РИСКОВ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ<br>ПОТРЕБИТЕЛЕЙ .....   | 103 |
| <b>ЭКОЛОГИЯ</b>  |     |
| <b>Лещенко С.И., Бобыльская В.А., Кустош О.О., Мирзалиева А.Э.</b><br>СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ НОВОСИБИРСКОГО<br>ВОДОХРАНИЛИЩА.....                      | 107 |
| <b>Лещенко С.И., Бобыльская В.А., Ветошкина В.В., Сипита Н.Е.</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПРУДОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ БАРАБИНСКОЙ<br>ТЭЦ .....                         | 112 |
| <b>Бучельников М.А., Ермоленко О.В.</b><br>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДНОУЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В РАЙОНЕ ПОДХОДНОГО КАНАЛА К<br>ПРИЧАЛУ ООО «ТОМСКНЕФТЕГАЗ».....                           | 116 |
| <b>Ильминских Н.Г., Иванова А.Г., Таратынов Д.В.</b><br>БИОРЕМЕДИАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЧЕРВЯНСКОГО ХОЛМА ПРИ<br>РАЗЛИВАХ ПЛАСТОВЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД..... | 120 |
| <b>ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>  |     |
| <b>Комарова Л.Г.</b><br>ЭТИКА В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....  | 123 |
| <b>Мукасеев А.В.</b><br>КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ СРЕДИ ВУЗОВ.....   | 126 |

## 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](mailto: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<br>(без каких-либо сокращений<br>и символов)   |                  |                     |
| Аннотация<br>(до 300 знаков)   |                  |                     |
| <i>Ключевые слова</i><br>(не более 10 слов)  |                  |                     |
| Организация<br>(полное юридическое название<br>и полный почтовый адрес для каждого из авторов)   |                  |                     |
| Автор(ы)<br>(ФИО полностью, ученая степень, занимаемая<br>должность, числовой идентификационный номер ав-<br>тора: Author ID в системе РИНЦ) |                  |                     |
| Координаты для обратной связи<br>(ФИО полностью, адрес электронной<br>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  
№1-2 за 2016 год

Главный редактор – Зачёсов В.П.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 24.06.2016 г. с оригинал-макета  
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.  
Усл. печ. л. 15,3; 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