

## ВКЛАД КАФЕДРЫ ЭКОНОМИКИ ТРАНСПОРТА И ФИНАНСОВ СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.Н. Масленников

THE CONTRIBUTION OF THE DEPARTMENT OF ECONOMICS OF TRANSPORT AND FINANCE SSUWT IN TRANSPORT'S EDUCATION

Siberian state university of water transport  
S.N. Maslennikov

It sets out some aspects of the development of the transport education on water transport.

*Keywords: transport, education, economy*

Изложены некоторые аспекты развития транспортного образования на водном транспорте.

Формирование компетенций специалистов водного транспорта: судоводителей и движенцев, путейцев и технологов транспорта, механиков и электриков, менеджеров и экономистов, предусматривает знание экономики перевозок грузов и пассажиров, экономики производственных предприятий, способность применять на практике категории, методы измерения затрат и результатов транспортного производства, овладение методами выбора организационных и инновационных решений, принципами технико-экономических обоснований. Эти знания и умения базируются на взаимосвязи с такими отраслями экономики как финансы и управление ресурсами, статистика и экономическая география, управление стратегией и бизнес-процессами предприятий. Вышеизложенное это направление деятельности и сфера ответственности кафедры Экономики транспорта и финансов Сибирского государственного университета водного транспорта (СГУВТ).

Связь экономики с производством, инженерными направлениями обучения, с другими отраслями знаний, ориентация на подготовку специалистов для третьей отрасли материального производства – транспортной отрасли является основными принципом работы кафедры. Такой подход к подготовке специалистов водного транспорта создавался всей историей развития кафедры.

Кафедра Экономики транспорта и финансов, первоначальное название – Экономики водного транспорта, была организована 2 сентября 1966 г. на базе кафедры Организации работы флота и портов. Возглавил кафедру Георгий Спиридонович Быков, представителя ведущей экономической школы речного транспорта СССР – Ленинградского института водного транспорта, ныне кандидат экономических наук, профессор. Научная и педагогическая деятельность Г.С. Быкова в НИИВТ-НГАВТ-СГУВТ оказала огромное воздействие на формирование стиля мышления, менталитета выпускников ВУЗа – экономистов, управленцев, инженеров.

С 1972 г. по 1981 г. при кафедре функционировала лаборатория Экономических изысканий, в которой велась научно-исследовательская работа по анализу и экономическому обоснованию развития пассажирских и грузовых перевозок в восточных бассейнах страны. Эта лаборатория была частью научно-внедренческого комплекса НИИВТа, в состав которого входили ВЦ пароходств восточных бассейнов, лаборатория малых рек, гидродинамический и опытовый бассейны, лаборатория по моделированию русловых процессов, лаборатории и специализированное оборудование по исследованию и внедрению технологий повышения эффективности судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) и плазменного напыления. Научный потенциал этих исследований не использован в полной мере и в настоящее время.

В 1972-1977 гг. кафедрой Экономики водного транспорта руководил доцент, кандидат технических наук Б.К. Рогозин, начальником лаборатории был доцент, кандидат технических наук Александр Сергеевич Овсянников. В 1977-1985 гг. заведующим кафедрой и лабораторией был Быков Г.С.

С июня 1985 г. и до апреля 1997 г. кафедру Экономики водного транспорта возглавлял доктор экономических наук, профессор Виталий Демьянович Козловский, который много

сделал для развития кафедры, факультета Управления на водном транспорте и водного Института – Академии водного транспорта. По его инициативе и при непосредственном участии на факультете Управление на водном транспорте была открыта экономическая специальность, и создан при Академии Диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата экономических наук. Основное научное направление В.Д. Козловского – исследование проблемы эффективности применения судов на воздушной подушке амфибийного типа для перевозки грузов и пассажиров.

В сентябре 1991 г. из состава кафедры Экономики водного транспорта выделилась (вместе с преподавателями и соответствующими дисциплинами) кафедра Экономики труда и хозяйственной деятельности, которую возглавил доктор экономических наук, профессор А.С. Овсянников.

С 1997 г. кафедрой в течение 12 лет руководила профессор, кандидат экономических наук Путилова Наталья Николаевна. Знания Путиловой Н.Н. отечественных исследований в экономике и экономических теорий и опытное руководство позволили сотрудникам кафедры и экономическим кафедрам филиалов ВУЗа вести образовательную и научную деятельность на современном уровне.

Кафедра является ведущей на факультете по направлениям Экономика транспортной системы, Управление экономикой предприятия, Оценка инвестиций и проектов, Управление финансами.

Воспитанию навыков творческого мышления и аналитической работы помогает научно-исследовательская работа со студентами. В практику преподавания финансовых дисциплин вошло проведение внутривузовской олимпиады на основе имитационной компьютерной деловой игры, в которой принимает участие весь поток студентов. Ежегодно кафедра готовит студентов для участия в региональных и международных олимпиадах по финансовым и экономическим дисциплинам. Все это способствует ускоренному приспособлению выпускников к быстро меняющимся требованиям к профессиональной деятельности.

В научной деятельности кафедра плотно взаимодействует с кафедрами факультета Управление на водном транспорте при подготовке научных изданий, проведении конференций от внутривузовских до международных, проведении прикладных научно-исследовательских работ. Направления научно-исследовательских работ непосредственно связаны с профилем кафедры, полученные данные непосредственно используются при чтении курсов лекций по дисциплинам кафедры и при выполнении дипломных проектов.

В контексте развития транспортной отрасли кафедра корректирует подготовку специалистов на уровне магистратуры и аспирантуры. Расширение научного направления связано с оптимизацией работы воднотранспортных систем и судоходных компаний, пассажирскими перевозками, государственно-частным партнерством, транспортно-логистическими технологиями, производственной логистикой и межтранспортными связями. Кафедра ведет последовательную подготовку специалистов через участие в конкурсах и конференциях, участие в издании научных сборниках на всех уровнях, включая международный. Продолжается практика подготовки диссертационных работ по результатам научных исследований.

В настоящее время кафедра продолжает обновление учебно-методических комплексов с целью приведения их в соответствие со стандартами и адаптации их реалиям экономики транспортных предприятий и ориентацией на интересы работодателей.

Кафедра как структурное подразделение Университета видит себя одним из связующих компонентов эффективного партнерства с транспортным бизнесом и наукой, процесса внедрения современных методов управления транспортной отраслью.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** транспорт, образование, экономика  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **КОНКУРЕНТНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЫПУСКНИКА СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА РЫНКЕ ТРУДА**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Н.А. Некрасов, Д.Ю. Сахнов**

**COMPETITIVENESS OF GRADUATES SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF WATER TRANSPORT IN THE LABOR MARKET**  
Siberian state university of water transport  
N.A. Nekrasov, D.Y. Sakhnov

In the article focuses on the level of training of graduates of Siberian State University of Water Transport. In the article Specialist and Bachelor of Science are compares. It's also touches upon the basic characteristics of graduates. The trends of modernization competitiveness of Siberian State University of Water Transport are given.

*Keywords: variety of the economic system, structure of national economic, social-labor relations, commercial relations*

Анализируется степень подготовки выпускников СГУВТа. Сравниваются образовательные системы «специалитет» и «бакалавриат». Указываются направления работы со студентами для улучшения их трудовых характеристик. Также рассматриваются основные пути повышения конкурентоспособности СГУВТа на рынке образования.

5 мая 1951 года Совет Министров СССР вынес Постановление о создании в г. Новосибирске Института инженеров водного транспорта, который стал единственным на азиатской территории СССР институтом по подготовке речников. В настоящее время ВУЗ, ставший Сибирским государственным университетом водного транспорта (СГУВТ), представляет собой университетский комплекс с непрерывной многоуровневой подготовкой бакалавров, специалистов, магистров, аспирантов и докторантов для речного транспорта и других отраслей [1].

Быстрые изменения в технологическом, экономическом и социальном развитии нашего общества превращают образование в стратегический фактор экономического роста и процветания страны. От него зависит, каким путём будут развиваться наше общество, отдельная отрасль или предприятие. Система образования – один из основополагающих элементов развития национальной экономики [2, 3]. Ее изменения приводят к значительной трансформации не только в социальной сфере, но и в функционировании бизнеса. Сегодня, ещё мало осознанная нами болонская система «бакалавриат-магистратура», заменила, в общем-то, успешную систему по подготовки специалистов. Сокращение срока обучения на 20% и ликвидация отдельных специализаций резко снижают конкурентную способность выпускника-бакалавра на рынке труда.

Если сравнить количество преподаваемых ранее дисциплин для специалистов и читаемое ныне количество дисциплин для бакалавров, можно утверждать: специалист имел большее количество профессиональных компетенций. Тем самым, он лучше соответствовал требованиям рынка труда, чем бакалавр. Поэтому новая системы образования «бакалавриат-магистратура» может стать менее качественной, менее доступной и менее эффективной, поскольку работодатель предпочитает брать сотрудников, прошедших 5-6 лет обучения, а поступить в магистратуру, да ещё на платной основе сможет примерно пятая часть всех выпускников бакалавриата. Устойчивых профессиональных знаний бакалавриат не дает по определению, так как он предполагает только базовые профессиональные понятия, основные навыки [4].

Сегодня содержание и качество образовательных услуг, внутренняя структура образовательного учреждения формируются под влиянием рынка труда, то есть для удовлетворения потребностей конкретных предприятий, фирм, компаний. Цель любой организации, в том числе образовательного, – создать и сохранить клиентскую базу, увеличить число потребителей и добиться успеха в условиях жёсткой конкуренции. Этого достичь можно путём ориентации университета на текущие и будущие потребности рынка труда, повышением качества образовательных услуг и усилением связей с предприятиями речного транспорта.

Фирмы предъявляют к выпускникам следующие требования:

– быстрое вхождение выпускника в производственную и социальную жизнь предприятия, готовность к самореализации в профессиональной деятельности, способность к инно-

вационному, новаторскому мышлению;

– наличие профессиональных знаний и навыков, способность применять полученные знания на практике, умение принимать нестандартные решения в быстро меняющихся экономических условиях и неопределённости рыночной среды;

– наличие творческих способностей, необходимых для работы в условиях рыночной неопределённости, а также универсальность, широкий кругозор, личностная зрелость и возможность соответствовать интересам предприятия и общепринятым государственным стандартам;

– выпускник СГУВТа должен уметь работать «в команде», опираться на трудовой коллектив, быть лояльным к коллективным формам организации труда и самой фирме, способным к сотрудничеству, социальному доверию, быть открытым к получению новых знаний;

– компании, в том числе транспортные, ожидают от выпускников университета знаний и деловых характеристик хорошего качества, быстрой адаптации в работе, её понимания, знания целей деятельности и конечных результатов компании. Компании предполагают, что выпускники университета помогут им решать появляющиеся проблемы, предложат новые подходы к решению задач, которые возникают в деловой жизни компаний [5, 6].

Понятно, что выпускник Университета должен быть способен конкурировать с выпускниками других ВУЗов, не бояться создавать свои предприятия на коммерческой основе, быть профессионалом своего дела, обладать культурными и нравственными ценностями. Все перечисленные качества выпускника привить и развить должен именно ВУЗ в процессе обучения. Без этих качеств путь к личному успеху и производственной карьере нашего выпускника будет крайне затруднен.

Исходя из вышесказанного, мы предлагаем следующие пути повышения конкурентоспособности выпускников СГУВТ:

– В условиях, когда борьба между вузами за абитуриента будет только нарастать, бюджетное финансирование будет снижаться, клиентская база или количество потенциальных абитуриентов уменьшаться мы должны иметь стратегию своего выживания и дальнейшего развития. Сегодня все сотрудники СГУВТа должны принимать участие в расширении деятельности и поиска новых, коммерческих источников прибыли [7].

– Для привлечения потребителей учебных услуг мы должны постоянно обновлять ассортимент и сервис образовательных услуг, находить перспективные образовательные направления, предлагать идеи и предложения имеющие на рынке платёжеспособный спрос.

– Чтобы повысить прибыльность, сохранить рабочие места нам надо научиться не только формировать спрос, но и самостоятельно стимулировать сбыт образовательных услуг на рынке, применяя новые маркетинговые инструменты привлечения абитуриентов и других потребителей образовательных услуг [6, 8].

– Искать потребителей своих услуг в любых труднодоступных местах, в том числе и у конкурента. Не бывает мало абитуриентов, бывает мало умений привлекать и удерживать их, мало умений создавать потребительский спрос.

Сегодня у СГУВТа, как и у большинства ВУЗов, основной путь развития – это продолжать и дальше трансформироваться в предпринимательскую структуру; самоопределившись по признакам конкурентной способности и доходности образовательных услуг и действовать. Нужно не только произвести образовательную услугу или новое знание, но и обладать способностью выгодно их продать [9]. В этих условиях целесообразно предпринять следующие шаги для повышения конкурентоспособности выпускников СГУВТа:

Поскольку для рынка требуются новые образовательные продукты, которые в любой комбинации должны содержать компонент бизнес-образование, целесообразно привлекать к работе со студентами предпринимателей.

Каждый преподаватель должен участвовать в работе массового привлечения абитуриентов, финансового или предпринимательского менеджмента для получения дополнительных доходов университета. Важным представляется открытие исследований в рамках магистратуры и привлечение исследовательских денег. Коммерческая, предпринимательская прибыль становится условием сохранения и развития СГУВТа.

Новое время требует обновления материально-технической базы, в том числе недвижимости, внедрение инновационных образовательных технологий. Для качественной подготовки необходимо использование специальных тренажеров и аппаратуры [1, 10].

Для того, чтобы выпускники наиболее полно удовлетворяли интересы работодателя, следует развивать и укреплять сотрудничество с потребителями образовательных услуг.

Это направление активно разрабатывается в последние годы, в том числе, при проведении ежегодных научно-практических конференциях и на традиционных встречах работодателей со студентами [11].

*Улучшение информационного и методического обеспечения учебного процесса.* Иметь четкое представление, чего хотят сегодня и захотят завтра компании, в том числе транспортные, от выпускников университета. Это позволит предпринять стратегические шаги, чтобы и в дальнейшем обеспечить лидерство Университета на рынке образовательных услуг, повысить конкурентную способность наших выпускников [12].

Таким образом, мы можем констатировать следующее. Обучение и воспитание студентов в Вузе должны быть не только жестко ориентированы на потребности рыночной экономики, потребности бизнеса, но и потребности всего социума. Это значит, что во время учёбы студент должен не только получить профессиональные знания, но и развить в себе способность к самообразованию и саморазвитию. Выпускник должен понимать современную модель жизни общества, быть способными эффективно действовать на рынке труда, знать технологии достижения успеха в профессиональной карьере и личной жизни, быть успешным в самореализации своего потенциала во всех сферах личной и производственной жизни. Следует учить молодых людей решать проблему лидерства и ответственности перед обществом и предприятием, позитивно выражать себя, реализовывать свои потенциальные возможности, делать правильный жизненный выбор.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сибирский государственный университет водного транспорта: основные сведения. -Режим доступа: <http://ssuwt.ru>. - 11.03.2016.
- 2 Варакса, А.М. Комплексный подход к изучению национальной экономики / А.М. Варакса // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№1. -С.6-9.
- 3 Левицкий, Ю.В. Саморазвитие образования и науки как результат экономической глобализации / А.М. Варакса, Ю.В. Левицкий // -Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. -2014. -№11-2. -С. 105-108.
- 4 Некрасов, Н.А. Конкурентоспособность на рынке труда в условиях глобализации современной цивилизации / А.С. Овсянников, Н.А. Некрасов // Сибирский научный вестник XIV: сб. научн. тр. Сиб. отдел. Рос. акад. естеств. наук. -Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2010. -С. 118-125.
- 5 Некрасов, Н.А. НГАВТ, рынок труда и бизнес / Н.А. Некрасов // Сибирский научный вестник XVII: сб. научн. тр. Сиб. отдел. Рос. акад. естеств. наук. -Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -С. 212-220.
- 6 Варакса, А.М. Адаптация образовательных инноваций для преподавания экономической теории в технических ВУЗах / А.М. Варакса // -Сб. конф. НИЦ Социосфера. -2015. -№22. -С. 219-223.
- 7 Бик, Ю.И. Программа стратегического развития ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» на период 2013-2020 г. / В.А. Седых, Ю.И. Бик // Сибирский научный вестник XVI: сб. научн. тр. Сиб. отдел. Рос. акад. естеств. наук. -Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2012. -С. 3-9.
- 8 Федоров, Д.А. К вопросам об экономических целях общества / Д.А. Федоров // -Экономика и социум. -2014. -№3-3(12). -С. 492-495.
- 9 Фёдорова, Е.П. Неформальная занятость в России: причины, тенденции / Е.П. Фёдорова, А.В. Яковлева // -Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. -2014. -№2. -С.46.
- 10 Григорьев, Е.А. Об эффективности деятельности судоходной компании / В.М. Бунеев, Р.В. Васильев, Е.А. Григорьев // -Речной транспорт (XXI век). -2012. -№5(59). -С. 46-48.
- 11 Зайко, Т.И. Залог успешного развития -в активном сотрудничестве / Т.И. Зайко // -Речной Транспорт (XXI век). -2015. -№4(75). -С 3-5.
- 12 Некрасов, Н.А. Организация предпринимательской деятельности на транспорте: уч. пособ. / Н.А. Некрасов. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2012. -214 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *многообразие хозяйствующих субъектов, структура национальной экономики, социально-трудовые отношения, коммерческие отношения*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Некрасов Николай Алексеевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сахнов Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ УЧЕТ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Масленникова, С.Н. Масленников

MANAGEMENT ACCOUNTING A BUSINESS PROCESS OFF TRANSPORT'S SERVICES TO INDUSTRIAL ENTERPRISES  
Siberian state university of water transport  
E.A. Maslennikova, S.N. Maslennikov

The article describes the economic approach to managing the transport operations of an industrial enterprise on the basis of accounting and management.

*Keywords: managerial accounting, transport's services, support activities*

Изложен экономический подход к организации управления транспортной деятельностью промышленного предприятия на основе применения бухгалтерского и управленческого учета.

Управление ресурсами предприятия включает в себя не только мероприятия по экономии расходов, но прежде всего это целенаправленная деятельность по созданию системы управления структурными подразделениями и персоналом, направленная на достижение целей предприятия. Целесообразность и необходимость измеримости таких целей не вызывает сомнений.

К одному из основных количественных показателей деятельности предприятия относится себестоимость. В себестоимость продукции (товаров, работ, услуг) включаются прямые и косвенные затраты.

К прямым относятся затраты, непосредственно связанные с процессом производства продукции. Косвенные расходы не связаны непосредственно с выпуском продукции, но необходимы для стабильной работы производства.

Косвенные расходы распределяются между основным, вспомогательным и обслуживающим производствами. Порядок распределения каждая организация устанавливает самостоятельно. Например, их можно распределить пропорционально сумме прямых затрат, связанных с содержанием того или иного производства. Однако при такой системе распределения невозможно обеспечить эффективное управление крупными вспомогательными подразделениями, такими как транспортный цех, РММ, котельная и др.

Универсальную систему учета затрат компании с точки зрения видов ресурсов, видов продукции (товаров, работ, услуг) и бизнес-процессов можно представить в виде куба (рисунок). При этом учет ведется на субсчетах или по аналитическим признакам (субконто) затратных счетов как минимум в трех аналитических разрезах.

На большинстве крупных промышленных предприятий транспортные подразделения являются одними из самых значительных. Так в строительстве удельный вес затрат на перевозки достигает 20% от общей стоимости строительно-монтажных работ, а трудоемкость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ составляет почти 40% от общих трудовых затрат.

Качество организации внутрипроизводственного транспортного процесса оказывает существенное влияние на финансовые результаты компании. Стоимость содержания собственного транспорта «переносится» на стоимость продукции, что влияет на прибыль компании.

Потребности в транспортных услугах основных производственных подразделений – объемы, сроки, состав транспортных средств – все эти параметры меняются и требуют частого пересмотра. При этом заявки этих подразделений должны быть удовлетворены в срок и в полном объеме.

Кроме этого деятельность транспортного подразделения должна оцениваться с точки зрения его эффективности. Для совершенствования бизнес-процесса транспортного процесса применяют различные способы. Так, некоторые предприятия полностью передают данный бизнес-процесс компании – аутсорсеру, а другие, желая услуги транспорта в собственной хозяйственной деятельности, направляют усилия и средства на его оптимизацию.

Во втором случае для совершенствования собственного бизнес-процесса снабжения

предлагается применить к нему сходные требования теми, что обычно предъявляются к компании – аутсорсеру. Для этого требуются разработка и внедрение соответствующей системы управленческого учета, которая предусматривает введение отдельных рыночных механизмов во взаимоотношения между бизнес-процессом транспортных услуг и бизнес-процессами основного производства, таких как получение вознаграждения за оказанные услуги и предъявление претензий за несоблюдение обязательств или условий оказания услуг. Данную задачу можно решить в рамках использования процессного подхода к хозяйственной деятельности предприятия.



Рисунок – Куб затрат

Бизнес-процессы промышленного предприятия состоят из:

- основных бизнес-процессов – это основная (текущая) деятельность предприятия по производству товара (услуги). Основные процессы создают добавленную стоимость, обеспечивают все стадии жизненного цикла продукции;
- вспомогательных бизнес-процессов – это процессы, которые направлены на обеспечение основных процессов, процессов управления и развития. Вспомогательные бизнес-процессы формируют инфраструктуру предприятия;
- обеспечивающих бизнес-процессов – процессы, которые обеспечивают общий менеджмент предприятия в целом.

Для описания системы управленческого учета бизнес-процесса транспортных услуг в первую очередь нужно определить объекты, на которые должен быть направлен управленческий учет бизнес-процесса и на основе которых можно судить о результатах его функционирования.

Бизнес-процесс транспортных услуг включает процесс планирования, процесс выполнения услуг, процесс контроля, процесс регулирования транспортного процесса.

Качество исполнения данных функций, а также величина собственных затрат бизнес-процесса транспорта являются показателями, по которым можно судить о деятельности бизнес-процесса транспортных услуг. Результатом его функционирования является бесперебойное обеспечение бизнес-процессов основного производства услугами, соответствующими по качеству и физическим параметрам.

Затраты бизнес-процесса транспортных услуг оказанных основному производству трансформируются в экономический результат деятельности транспортного подразделения.

Управленческий учет бизнес-процесса транспорта должен включать информацию об исполнении качества заказов на транспортные услуги и учет сумм вознаграждения за оказываемые услуги для бизнес-процессов основного производства, а также учет внутренних пре-

тензий.

В целях расчета результата бизнес-процесса транспортировки необходимо разработать методику расчета стоимости за оказываемые услуги бизнес-процессом транспортировки внутренним потребителям услуг. Это может быть стоимость нормо-часа транспортного средства равная удельной стоимости его содержания. Для транспортных средств осуществляющих циклические, регулярные перевозки в качестве объемного показателя может быть выбраны универсальные транспортные показатели – объем перевозок или грузооборот.

Что касается претензий, ущерб от ненадлежащего оказания транспортных услуг он может быть определен по нормативу доли транспортных услуг в объеме продукции основного подразделения, который ежегодно устанавливается по каждому подразделению. Таким образом, сумма претензий может быть учтена в финансовом результате деятельности подразделения, который в известном смысле является условным. Безусловно, порядок внутрифирменного предъявления претензий должен быть закреплен локальными нормативными актами.

Таким образом, объектами управленческого учета бизнес-процесса транспортных услуг являются:

- выполнение плана транспортных услуг: учет должен обеспечивать отражение выполнения плана по каждой позиции и услуг выполненных вне плана с отдельным учетом услуг для структурных подразделений предприятия и для сторонних организаций;
- собственные затраты транспортного подразделения: учет затрат по статьям затрат дает возможность проведения анализа в сравнении с планом и предыдущими периодами;
- результат функционирования: учет отражает условный «финансовый результат» деятельности бизнес-процесса.

Организация управленческой учетной системы бизнес-процесса осуществляется интегрировано с системой бухгалтерского учета на предприятии. Сложность в том, что не всю требуемую информацию по определенным выше объектам управленческого учета бизнес-процесса транспортных услуг возможно получить из системы бухгалтерского учета. Учетную информацию по объектам управленческого учета бизнес-процесса транспортных услуг снабжения получают путем традиционных и специально разработанных первичных документов. Большую часть информации получают с помощью введения дополнительных аналитических субсчетов к синтетическим счетам бухгалтерского учета, а именно к счету ДЕБЕТ 20, 29, 90, 40 КРЕДИТ 23 «Вспомогательные производства».

Учет собственных затрат бизнес-процесса транспортных услуг, организованный на счетах 30-1, 31-1, 32-1, 33-1, 34-1, 35-1, формирует информацию по элементам, что дает возможность увидеть их структуру и использовать при анализе результатов бизнес-процесса.

Согласно общей методологии счет 40 «Выпуск продукции (работ, услуг)» используется как промежуточный счет, на котором обобщается информация не только о фактических затратах, но и об отклонениях факта от норматива (плана). На счете 43 учет продукции ведется по нормативной (плановой) себестоимости.

Счет 40 может использоваться организацией, вспомогательное производство которого, кроме того что обеспечивает некой продукцией основное производство, реализует ее на сторону.

Для списания фактических затрат Инструкцией по применению Плана счетов предусмотрена корреспонденция ДЕБЕТ 90 КРЕДИТ 23 (то есть без применения промежуточного счета 40). Действительно, так можно поступить, когда при выполнении работ, оказании услуг вспомогательным подразделением известны соответствующие фактические затраты. Однако на момент передачи заказчику результатов работ (оказания ему услуг) этой информации в распоряжении бухгалтера может и не быть. В подобном случае выручка от выполнения работ, оказания услуг может быть определена с применением их нормативной себестоимости, для чего и понадобится счет 40, ведь даже его название – «Выпуск продукции (работ, услуг)» – говорит о том, что его можно использовать в корреспонденции с затратами вспомогательного подразделения, связанными не только с выпуском продукции, но и с выполнением работ (оказанием услуг). Проводка Дебет 90 Кредит 40 может быть применена в данной ситуации исходя из рациональных соображений, потребности организации в применении нормативных расценок не только на продукцию, но и на работы и услуги вспомогательных производств, в том числе реализуемых на сторону.

Повышение эффективности производства, в том числе и вспомогательной деятельности, является действительно важной целью и постановка правильного управленческого, бух-

галтерского, финансового учета является непростой, но жизненно необходимой задачей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** управленческий учет, транспортные услуги, вспомогательная деятельность  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Масленникова Елена Алексеевна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫХ АСПЕКТОВ КОНТРАКТНОЙ СИСТЕМЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Н.Н. Путилова, М.Г. Сунина, С.Н. Масленников**

**COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF ORGANIZATIONAL-LEGAL ASPECTS OF THE CONTRACT SYSTEM IN THE RUSSIAN FEDERATION**

Siberian state university of water transport

N.N. Putilova, M.G. Sunina, S.N. Maslennikov

The article describes the main objectives of the contract system in the procurement of goods, works and services, focuses on the problem of improving the quality of providing the state needs, the factors contractual risks.

*Keywords: contract system, competitive bidding, purchases of commodities, works, services, quality assurance, state needs, customers and participants of procurement, contractual risks*

Рассмотрены основные задачи контрактной системы в сфере закупок товаров, работ, услуг, акцентируется внимание на проблеме повышения качества обеспечения государственных бюджетных учреждений, выявлены факторы контрактных рисков.

Формирование контрактной системы в Российской Федерации началось в 90-х годах XX века с Указа Президента РФ от 07.08.1992 г. №826 «О мерах по формированию федеральной контрактной системы». Необходимость становления системы государственных закупок была обусловлена переходом к рыночной экономике, к новым экономическим отношениям между государством как потребителем и производителями продукции, работ, услуг.

Первым федеральным законом в сфере размещения государственных заказов был закон РФ от 28.05.1992 г. №2859-1 «О поставках продукции и товаров для государственных нужд». Позднее были приняты федеральный закон от 13.12.1994 г. №60-ФЗ «О поставках продукции для федеральных государственных нужд», федеральный закон от 21.07.2005 г. №94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», а также федеральный закон от 06.05.1999 г. №97-ФЗ «О конкурсах на размещение заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных нужд». В настоящее время основными законодательными документами, регулирующими контрактную систему, являются: федеральный закон от 17 июля 2011 г. №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», федеральный закон от 05.04.2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», отдельные законодательные и подзаконные акты, которыми регулируются государственные закупки в различных сферах экономики (оборонный заказ, закупки в государственный резерв, закупки сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и др.).

Контрактная система РФ объединяет в сфере закупок интересы различных субъектов: органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц. В основу их взаимодействия положены механизмы государственно-частного партнерства. Системный характер государственных и муниципальных закупок означает, что субъекты контрактной системы осуществляют действия, охватывающие не только этап размещения заказов и заключения контрактов, но и планирование закупок, исполнение контрактов, мониторинг, аудит, контроль соблюдения нормативных актов.

При построении современной Российской контрактной системы изучалась нормативно-правовая база для осуществления государственных закупок разных стран, в том числе Типовой закон ЮНСИТРАЛ «О закупках товаров (работ) и услуг», принятый 1 июля 2011 г. Комиссией ООН по праву международной торговли (взамен редакции 1994 г.). Закон обобщил имеющийся международный опыт и практические наработки в области как государственных, так и общественных закупок в условиях рыночной экономики [1].

Наибольшее развитие получила американская федеральная контрактная система (ФКС), формирование которой, началось более века назад с указа о создании комитета по государственным закупкам, подписанного президентом Теодором Рузвельтом в 1908 г. Мощным толчком к развитию ФКС стала Великая депрессия 1930-х гг.: тогда для выхода из кризиса правительство Франклина Рузвельта взяло на вооружение целый ряд мер государственного регулирования и создало госсектор экономики. Дальнейшему развитию контрактной системы в США способствовали необходимость государственного финансирования масштабных инфраструктурных проектов во второй половине XX века и холодная война с Советским Союзом, служившая основанием для огромного военного заказа.

Термин «контрактная система» заимствован из соответствующего законодательства США. Учитывая опыт, накопленный Америкой в области законодательной базы и организации функционирования системы государственных закупок, представляет определенный интерес сравнение контрактных систем Российской Федерации и Соединенных штатов Америки (таблица).

*Таблица – Характеристика контрактных систем в РФ и США*

Российская Федерация	Соединенные штаты Америки
<b>Назначение</b>	
Регулирование отношений, направленных на обеспечение государственных и муниципальных нужд в целях повышения эффективности, результативности осуществления закупок товаров, работ, услуг, обеспечения гласности и прозрачности, предотвращения коррупции и других злоупотреблений в сфере госзакупок.	Проведение отраслевой и региональной политики, обеспечивающей конкурентоспособность и обороноспособность США.
<b>Законодательное регулирование</b>	
<p>Федеральный закон от 17 июля 2011 г. №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц»</p> <p>Федеральный закон от 05.04.2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».</p> <p>Размещение оборонного заказа осуществляется в порядке, предусмотренном Федеральным законом от 05.04.2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», с учетом особенностей, установленных федеральным законом от 29.12.2012 г. №275-ФЗ «О государственном оборонном заказе».</p> <p>Отдельные законодательные и подзаконные акты, регулирующие государственные закупки в различных сферах экономики.</p> <p>Прогрессивность современной законодательной базы заключается в провозглашении принципа конкурентного отбора претендентов на заключение государственных и муниципальных контрактов.</p> <p>Законодательная база является общефедеральной.</p> <p>Региональное и муниципальные законы полностью соответствуют федеральному законодательству.</p>	<p>Единые Правила закупок для федеральных нужд – Федеральные закупочные правила (The Federal Acquisition Regulation, FAR). Федеральные закупочные правила размещаются на официальном сайте Правительства США (<a href="http://www.acquisition.gov">www.acquisition.gov</a>)</p> <p>Оборонный заказ регулируется Правилами закупок для нужд обороны, являющимися дополнением к FAR (Defense Federal Acquisition Regulations Supplement – DFARS) [2].</p> <p>Эти документы регламентируют всю систему федеральных закупок и отличаются весьма детальной проработкой принципов и процедур.</p> <p>Все законы, относящиеся к данной сфере, можно разделить на две категории.</p> <p>Первая – общефедеральное законодательство. Оно регламентирует организацию процесса госзакупок и устанавливает юридические нормы, которые касаются конкретных видов закупок, отнесенных к компетенции соответствующих органов исполнительной власти на федеральном уровне.</p> <p>Вторая – специальное законодательство, отвечающее за процедуры и формы контрактов, а также информационное обеспечение процессов закупок и анализа их результатов.</p> <p>В США государственные закупки отличаются от закупок в Российской Федерации, в частности, является необходимой регистрацией участника-продавца как поставщика для государственных нужд, обязательное требование – наличие D-U-N-S номера и высокая степень раскрытия информации о заказах и заключенным по их результатам государственным контрактам [3].</p> <p>Федеральное законодательство не регулирует закупки штатов и муниципальных образований, а</p>

## К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА И ФИНАНСОВ СГУВТ

Продолжение таблицы

Российская Федерация	Соединенные штаты Америки
	<p>лишь задает общие принципы, на основе которых создаются местные законы о закупках.</p> <p>Попытки унифицировать местное законодательство не увенчались успехом: только несколько штатов привели свое законодательство к полному соответствию с федеральным.</p>
<b>Доступ к информации о закупках</b>	
<p>В РФ доступ к информации о закупках, контрактах, реестру недобросовестных поставщиков и пр. осуществляется через портал единой информационной системы (<a href="http://zakupki.gov.ru">http://zakupki.gov.ru</a>)</p>	<p>Единая информационная система перспективного менеджмента (System for Award Management, SAM). Данные доступны через портал (<a href="https://www.sam.gov">https://www.sam.gov</a>) [4].</p>
<b>Способы определения поставщика, подрядчика, исполнителя</b>	
<p>Федеральным законом №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» определены следующие способы определения поставщика, подрядчика исполнителя: открытый конкурс, конкурс с ограниченным участием, двухэтапный конкурс, электронный аукцион, запрос котировок, предварительный отбор, запрос предложений, закупка у единственного поставщика (подрядчика, исполнителя), закрытый конкурс, закрытый конкурс с ограниченным участием, закрытый двухэтапный конкурс, закрытый аукцион.</p>	<p>В соответствии с FAR в США существуют следующие виды госзакупок: открытые торги, торги с ограниченным участием, двухэтапные торги, переговорные процедуры, упрощенные способы закупок. Упрощенные процедуры подразделяются на запрос котировок, рамочные соглашения и некоторые другие виды; обычно они применяются при закупках небольшой стоимости. Торги могут проходить в форме конкурсов или аукционов, в том числе электронных [2].</p>
<b>Осуществление закупок и контроль</b>	
<p>Заказчики, совокупный годовой объем закупок которых превышает сто миллионов рублей, создают контрактные службы. В случае, если совокупный годовой объем закупок заказчика не превышает сто миллионов рублей заказчик назначает должностное лицо – контрактного управляющего, ответственного за осуществление закупки или нескольких закупок, включая исполнение каждого контракта. Контрактная служба заказчика, контрактный управляющий разрабатывают план закупок, конкурсную, аукционную документацию, обеспечивают осуществление закупок, в том числе заключение контрактов, участвуют в рассмотрении дел об обжаловании результатов определения поставщиков (подрядчиков, исполнителей) и осуществляют подготовку материалов для выполнения претензионно-исковой работы и пр. Уполномоченным органом по нормативно-правовому регулированию государственных закупок в РФ является Министерство Экономического Развития Российской Федерации. Осуществлять контроль в сфере закупок уполномочен федеральный орган исполнительной власти – Федеральная антимонопольная служба.</p>	<p>Главным исполнительным звеном ФКС являются контрактные офицеры, имеющие специальный сертификат.</p> <p>Контрактные офицеры наделены правом на размещение заказа и подписание контракта. Кроме того, контрактные офицеры занимаются планированием закупок, их мониторингом, утверждением результатов и согласованием выплат исполнителям [5].</p> <p>В настоящее время проведение закупок для нужд федеральных органов власти в США является прерогативой General Services Administration – Управления общих услуг (УОУ).</p> <p>Контроль возложен на офис федеральной закупочной политики (Office of Federal Procurement Policy – OFPP), входящий в структуру администрации президента.</p>
<b>Национальный режим</b>	
<p>При осуществлении заказчиками закупок товаров, иностранных государств работ, услуг, соответственно, выполняемых, оказываемых иностранными лицами, применяется национальный режим на равных условиях с товарами российского происхождения, работами, услугами, соответственно, выполняемыми, оказываемыми российскими лицами, в случаях и на условиях, которые предусмотрены международными договорами РФ.</p>	<p>Американское законодательство предоставляет национальным исполнителям госзаказа значительные преимущества.</p> <p>Ключевым протекционистским документом является «Buy American Act» («Покупай американское»). В соответствии с этим законом госзаказчики могут приобретать импортную продукцию в ограниченном количестве случаев (когда нет отечественных аналогов, когда зарубежный товар</p>

*Продолжение таблицы*

Российская Федерация	Соединенные штаты Америки
<p>В целях защиты основ конституционного строя, обеспечения обороны страны и безопасности государства, защиты внутреннего рынка РФ, развития национальной экономики, поддержки российских товаропроизводителей нормативными правовыми актами Правительства РФ может быть установлен запрет на допуск указанных товаров, работ, услуг для целей осуществления закупок. При невозможности соблюдения запрета или ограничений, заказчики обязаны разместить в единой информационной системе обоснование невозможности соблюдения запрета или ограничений [6].</p> <p>В соответствии с Приказом Минэкономразвития России от 25.03.2014 г. №155 (ред. от 13.11.2015 г.) «Об условиях допуска товаров, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» для членов Евразийского экономического союза, предоставляются преференции в отношении цены контракта в размере 15%.</p>	<p>обладает явными преимуществами или для перепродажи третьим странам); в случае участия иностранцев в тендере национальные исполнители госзаказа получают ценовые преференции (обычно они составляют 12%).</p> <p>Протекционистские меры нередко применяются властями США для защиты отрасли промышленности, оказавшейся в сложном положении. Вместе с тем положения закона «Покупай американское» не применяются в отношении ряда импортных товаров, закупки которых соответствуют национальным интересам, и в отношении товаров из тех стран, с которыми у США есть соответствующий договор о свободной торговле [2].</p>
<b>Этапы тендерных процедур</b>	
<p>Этапы тендерных процедур контрактной системы РФ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 планирование закупок товаров, работ, услуг;</li> <li>2 определение поставщиков (подрядчиков, исполнителей);</li> <li>3 заключение контракта;</li> <li>4 исполнение контрактов;</li> <li>5 мониторинг закупок товаров, работ, услуг;</li> <li>6 аудит в сфере закупок товаров, работ, услуг;</li> <li>7 контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации и иных нормативных правовых актов о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд [6].</li> </ol>	<p>Американская ФКС регламентирует следующие этапы тендерных процедур:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 планирование закупок;</li> <li>2 размещение заказов;</li> <li>3 отбор поставщиков и заключение контрактов;</li> <li>4 администрирование и контроль исполнения контрактов;</li> <li>5 оценка результатов исполнения контрактов [2].</li> </ol>
<b>Библиотека типовых контрактов</b>	
<p>Законодательство о ФКС России содержит требование о наличии библиотеки типовых контрактов, типовых условий контрактов в единой информационной системе по обеспечению контрактной системы в сфере закупок.</p> <p>В настоящее время разработаны и продолжают разрабатываться проекты приказов об утверждении типовых условий контрактов [7].</p> <p>Разработаны и размещены в единой информационной системе следующие типовые контракты: типовой контракт на оказание образовательных услуг по профессиональной переподготовке (повышению квалификации) федеральных гос. гражданских служащих; на поставку медицинских изделий; на оказание услуг по диагностике, техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств; на оказание услуг выставочной и ярмарочной деятельности; на поставку продукции радиоэлектронной, судостроительной промышленности, авиационной техники и др. [8].</p>	<p>Разработана и функционирует библиотека типовых контрактов и стандартных спецификаций. Библиотека контрактов, которая используется в американской контрактной системе, содержит более ста видов контрактов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение прикладных НИОКР, приобретение и создание новейших видов технологий, ввод в эксплуатацию систем вооружения и военной техники;</li> <li>– фундаментальные исследования;</li> <li>– промышленное производство серийной продукции;</li> <li>– инженерно-строительные и архитектурно-технические работы;</li> <li>– поставки стандартных товаров или сырья;</li> <li>– предоставление финансовых услуг (банковские кредиты, залоги, инвестиционное участие, страхование);</li> <li>– оказание юридических и консалтинговых услуг;</li> <li>– транспортное обслуживание;</li> <li>– управление федеральной собственностью;</li> <li>– жилищно-коммунальные услуги [9].</li> </ul>

Проведенный анализ контрактных систем показал, что в последние годы произошли существенные положительные сдвиги в законодательной базе РФ в сфере государственных закупок:

- запущена и совершенствуется система электронных торгов;
- расширяется доступ малого и среднего бизнеса к контрактной системе;
- совершенствуется порядок в процедурах выбора поставщиков, подрядчиков, исполнителей.

С 01.01.2014 г. в России введен новый формат государственных закупок:

- сформулирован и введен принцип профессионализации сферы закупок;
- введен антидемпинговый механизм, ограничивающий участие в государственных закупках фирм – «однодневок», неквалифицированных и недобросовестных заказчиков, находивших лазейки для закупки предметов роскоши и неэффективной траты бюджетных средств;

- регламентирован весь цикл государственных закупок;

- положено начало созданию библиотеки типовых контрактов и типовых спецификаций.

Существенным недостатком действующей в РФ контрактной системы пока остается недостаточная оперативность и точность представления информации (федеральным ведомствам, государственным предприятиям и частному бизнесу) о контрактах и планах закупок для государственных и муниципальных нужд. Кроме того, недостаточно эффективно осуществляется контроль за выполнением условий контрактов и предоставлением соответствующей информации. Медленными темпами идет формирование библиотеки типовых контрактов и типовых спецификаций.

В контрактной системе США также имеются свои достоинства и недостатки.

К достоинствам контрактной системы США можно отнести:

- высокую оперативность и точность предоставления Конгрессу, администрации президента, федеральным ведомствам и частному сектору данных о положении в области контрактов на закупки для государственных нужд;

- наличие расширенной библиотеки типовых контрактов (более 100 видов);

- при осуществлении госзакупок широко используется база данных D&B (Dun & Bradstreet), которая охватывает более 140 млн. компаний мира [10]. Каждой компании, включенной в эту базу данных, присваивается, так называемый, D-U-N-S номер (9-тизначный идентификационный), и заказчик, прежде чем подписать новый контракт или изменить условия уже существующего, имеет возможность получить полную информацию о деятельности компании-поставщика.

Недостатки контрактной системы США:

- неполное предоставление данных отдельными федеральными ведомствами;
- недостаточная активность использования информационных ресурсов, как со стороны правительственных ведомств, так и со стороны населения;
- недостаточная информационная совместимость между звеньями системы.

В настоящее время в США проводится реформа федеральной контрактной системы. Основные направления реформы: проведение закупок комплексных услуг в отличие от закупки составляющих работ и сырья; отслеживание результатов деятельности и репутационной истории подрядчика путем создания соответствующей информационной среды [11].

Система государственных закупок в РФ также продолжает развиваться. Основные направления: совершенствование законодательства в сфере государственных закупок, повышение профессионализма участников, формирование библиотеки типовых контрактов и типовых спецификаций, создание структурированной информационной базы, повышение открытости и доступности данных о состоянии и функционировании системы. Для совершенствования системы государственных закупок и повышения ее эффективности важно своевременно получать сведения по государственным и муниципальным закупкам с использованием различных группировок интересующих пользователя: по годам, ведомствам, участникам (юридическим и физическим лицам) и др.

Анализ зарубежного опыта позволяет предусмотреть проблемы, которые могут возникнуть в процессе функционирования и развития системы государственных закупок в РФ, и уменьшить (предотвратить) возможные потери и конфликты между участниками. Опыт США показывает, что установление взаимосвязей между государством и частным бизнесом на основе контрактной системы стимулирует развитие государственного рынка и экономики страны в целом. Использование положительного опыта других стран в сфере государствен-

ных закупок будет способствовать решению одной из важнейших задач дальнейшего реформирования законодательной базы контрактной системы в РФ – развитию социальной сферы с одновременным повышением эффективности использования бюджетных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Комиссия организации объединенных наций по праву международной торговли. Типовой закон ЮНСИТРАЛ о публичных закупках. Режим доступа: [http://www.uncitral.org/uncitral/uncitral\\_texts/procurement\\_infrastructure/2011Model.html](http://www.uncitral.org/uncitral/uncitral_texts/procurement_infrastructure/2011Model.html). -28.02.2014.
- 2 Старейшая в мире и крупнейшая в ЕС / Бюллетень оперативной информации «Московские торги» -Режим доступа: <http://boi-mt.ru/fullelectro/27562>. - 31.01.2014.
- 3 Махиборода, К.Ю. Сравнительно-правовой анализ института госзакупок в Российской Федерации и США. -Режим доступа: <http://www.fpa.su/biblioteka/izdaniya/publicnoe-i-chastnoe-v-prave/sravnitelno-pravovoy-analiz-instituta-goszakazov-v-rossiyskoy-federatsii-i-ssha-k-yu-mahiboroda/?SECT>. - 07.04.2014.
- 4 Рубинов, Р.Б. Федеральная контрактная система США: сочетание гибкости и регулирования.-Режим доступа: <http://bujet.ru/article/208378.php>. -28.12.2012.
- 5 Закупки и тендеры РФ государственные и коммерческие «Федеральная контрактная система США». -Режим доступа: <http://zakupki-tendery.ru/articles/item/146>].
- 6 Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // СПС «КонсультантПлюс».
- 7 Постановление Правительства РФ от 02.07.2014 N 606 (ред. от 21.11.2015) «О порядке разработки типовых контрактов, типовых условий контрактов, а также о случаях и условиях их применения» // СПС «КонсультантПлюс».
- 8 Библиотека типовых контрактов. -Режим доступа: <http://zakupki.gov.ru/epz/btk/quicksearch/search.html>.
- 9 Королева, М.А. Применение зарубежного опыта в отечественной практике размещения государственного заказа / М.А. Королева, Е.С. Кондюкова, Е. Carbonell // Устойчивое развитие российских регионов: экономическая политика в условиях внешних и внутренних шоков : сборник материалов XII международной научно-практической конференции, г. Екатеринбург, 17-18 апр. 2015 г. -Екатеринбург: Ур. фед. ун-т, 2015. -С. 1011-1017.
- 10 Присвоение DUNS номер и получение кредитного рейтинга D&B. -Режим доступа: <http://www.dnb.com.ua/binf/news/bm5.html>.
- 11 Закупки и тендеры РФ государственные и коммерческие «ФКС: преимущества и недостатки». – Режим доступа: <http://zakupki-tendery.ru/articles/item/188-fks-preimushhestva-i-nedostatki>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *контрактная систем, конкурсные торги, закупка товаров, работ, услу, качество обеспечения, государственные нужды, заказчики и участники закупки, контрактные риски*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Путилова Наталья Николаевна, канд. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Сулнина Мария Григорьевна, канд. экон. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## УНИФИКАЦИЯ ДОКУМЕНТОВ В УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Н.В. Баранова**

**UNIFY DOCUMENTS IN INVENTORY MANAGEMENT**  
Siberian state university of water transport  
N.V. Baranova

All the accomplished business transactions of the enterprise (organization) are reflected in a number of primary accounting documents. The list of such documents is contained in federal laws and orders of authorized bodies. The article presents the standardized reporting of primary documents related to material supply.

*Keywords: material procurement, harmonization, reporting form*

Все свершившиеся хозяйственные операции предприятия (организации) отражаются в ряде документов первичного учета. Перечень таких документов содержится в федеральных законах и приказах уполномоченных органов. Приведены унифицированные документы первичной отчетности, касающиеся материального снабжения.

Наличие у предприятий и организаций производственной и непроизводственной сферы запасов сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий, инструментов, их движение и применение сопровождается информационной составляющей в виде различного рода документов.

Согласно законодательству Российской Федерации (Федеральный закон от 29.12.1994 г. №77-ФЗ (редакция от 05.04.2016 г.) «Об обязательном экземпляре документов»), документ - материальный носитель с зафиксированной на нем в любой форме информацией в виде текста, звукозаписи, изображения и (или) их сочетания, который имеет реквизиты, позволяющие его идентифицировать, и предназначен для передачи во времени и в пространстве в целях общественного использования и хранения [3].

Основой информационного потока, сопутствующего материальному потоку, является

информация о свершившемся факте хозяйственной деятельности. Такая информация в обязательном порядке должна быть задокументирована, для ее последующего использования в целях учета и анализа, планирования, прогнозирования, принятия различных управленческих и организационных решений. Вне зависимости от сферы деятельности предприятия и производимой продукции (услуг), им заполняются унифицированные формы первичной учетной документации по учету материалов.

Доверенности (формы №М-2 и №М-2а) применяются для оформления права лица выступать в качестве доверенного лица организации при получении материальных ценностей, отпускаемых поставщиком по наряду, счету, договору, заказу, соглашению.

Доверенность в одном экземпляре оформляет бухгалтерия организации и выдает под расписку получателю.

Форму №М-2а применяют организации, у которых получение материальных ценностей по доверенности носит массовый характер. Выдачу этих доверенностей регистрируют в заранее пронумерованном и прошнурованном журнале учета выданных доверенностей.

Выдача доверенностей лицам, не работающим в организации, не допускается. Доверенность должна быть полностью заполнена и иметь образец подписи лица, на имя которого выписана. Срок выдачи – как правило, 15 дней. Доверенность на получение товарно-материальных ценностей в порядке плановых платежей может быть выдана на календарный месяц.

Приходный ордер (форма №М-4) применяется для учета материалов, поступающих от поставщиков или из переработки. Приходный ордер в одном экземпляре составляет материально ответственное лицо в день поступления ценностей на склад. Приходный ордер должен выписываться на фактически принятое количество ценностей.

Графа «Номер паспорта» заполняется при оформлении хозяйственных операций по материальным ценностям, содержащим драгоценные металлы и камни [2].

Акт о приемке материалов (форма №М-7) применяется для оформления приемки материальных ценностей, имеющих количественное и качественное расхождение, а также расхождение по ассортименту с данными сопроводительных документов поставщика; составляется также при приемке материалов, поступивших без документов; является юридическим основанием для предъявления претензии поставщику, отправителю.

Необходимые дополнительные данные, не выделенные в форме отдельными строками, записываются в разделе «Другие данные».

Акт составляется в двух экземплярах членами приемной комиссии с обязательным участием материально ответственного лица и представителя отправителя (поставщика) или представителя незаинтересованной организации.

После приемки ценностей акты с приложением документов (транспортных накладных и так далее) передают: один экземпляр – в бухгалтерию организации для учета движения материальных ценностей, другой – отделу снабжения или бухгалтерии для направления претензионного письма поставщику. Графа «Номер паспорта» заполняется только в случаях обнаружения расхождений при оформлении хозяйственных операций по поступлению материальных ценностей, содержащих драгоценные металлы и камни.

Лимитно-заборная карта (форма №М-8) применяется при наличии лимитов отпуска материалов для оформления отпуска материалов, систематически потребляемых при изготовлении продукции, а также для текущего контроля за соблюдением установленных лимитов отпуска материалов на производственные нужды и является оправдательным документом для списания материальных ценностей со склада.

Лимитно-заборная карта выписывается в двух экземплярах на одно наименование материала (номенклатурный номер). Один экземпляр до начала месяца передается структурному подразделению – потребителю материалов, второй – складу.

Отпуск материалов в производство осуществляется складом при предъявлении представителем структурного подразделения своего экземпляра лимитно-заборной карты.

Кладовщик отмечает в обоих экземплярах дату и количество отпущенных материалов, после чего выводит остаток лимита по номенклатурному номеру материала. В лимитно-заборной карте расписывается кладовщик, а в лимитно-заборной карте склада – представитель структурного подразделения.

По лимитно-заборной карте ведется также учет материалов, не использованных в производстве (возврат). При этом никаких дополнительных документов не составляется.

Сверхлимитный отпуск материалов и замена одних видов материалов другими допуска-

ется только по разрешению руководителя организации, главного инженера или лиц, на это уполномоченных.

Изменение лимита производится теми же лицами, которым предоставлено право его установления.

Отпуск материальных ценностей производится с тех складов, которые обозначены в лимитно-заборной карте. Кладовщик отмечает в лимитно-заборной карте дату и количество отпущенных материалов, после чего выводит остаток лимита по каждому номенклатурному номеру материалов. Сдача складом лимитно-заборных карт в бухгалтерию производится после использования лимита.

Бланк лимитно-заборной карты с частично заполненными реквизитами может быть оформлен с помощью средств вычислительной техники [1].

Требование-накладная (форма №М-11) применяется для учета движения материальных ценностей внутри организации между структурными подразделениями или материально ответственными лицами.

Накладную в двух экземплярах составляет материально ответственное лицо структурного подразделения, сдающего материальные ценности. Один экземпляр служит сдающему складу основанием для списания ценностей, а второй – принимающему складу для оприходования ценностей.

Этими же накладными оформляются операции по сдаче на склад или в кладовую остатков из производства неизрасходованных материалов, если они ранее были получены по требованию, а также сдача отходов и брака.

Накладную подписывают материально ответственные лица соответственно сдатчика и получателя и сдают в бухгалтерию для учета движения материалов.

Накладная на отпуск материалов на сторону (форма №М-15) применяется для учета отпуска материальных ценностей хозяйствам своей организации, расположенным за пределами ее территории, или сторонним организациям, на основании договоров и других документов.

Накладную выписывает работник структурного подразделения в двух экземплярах на основании договоров (контрактов) нарядов и других соответствующих документов и предъявлении получателем доверенности на получение ценностей, заполненной в установленном порядке.

Первый экземпляр передают складу как основание для отпуска материалов, второй – получателю материалов.

Карточка учета материалов (форма №М-17) применяется для движения материалов на складе по каждому сорту, виду и размеру; заполняется на каждый номенклатурный номер материала и ведется материально ответственным лицом (кладовщиком, заведующим складом). Записи в карточке ведут на основании первичных приходно-расходных документов в день совершения операции.

Акт об оприходовании материальных ценностей, полученных при разборке и демонтаже зданий и сооружений (форма №М-35) применяется для оформления оприходования материальных ценностей, полученных при разборке и демонтаже зданий и сооружений, пригодных для использования при производстве работ.

Акт составляется в трех экземплярах комиссией, состоящей из представителей заказчика и подрядчика, подписывается представителями заказчика и подрядчика.

Первый и второй экземпляры акта остаются у заказчика, третий – у подрядчика. Заказчик, в свою очередь, первый экземпляр акта прилагает к предъявленному счету для оплаты подрядчику.

Эти документы отражают свершившиеся хозяйственные операции, и служат источниками информации о работе системы материального обеспечения предприятия. Их тщательный анализ позволит изыскать возможности по увеличению эффективности процесса материального снабжения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Постановление Госкомстата РФ от 30.10.1997 N 71а (ред. от 21.01.2003) «Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету труда и его оплаты, основных средств и нематериальных активов, материалов, малоценных и быстроизнашивающихся предметов, работ в капитальном строительстве» // СПС КонсультантПлюс.

2 Приказ Минфина РФ от 28.12.2001 N 119н (ред. от 24.12.2010) «Об утверждении Методических указаний по бухгалтерскому учету материально-производственных запасов» // СПС КонсультантПлюс.

3 Федеральный закон от 29.12.1994 N 77-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «Об обязательном экземпляре документов» // СПС КонсультантПлюс.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *материальное снабжение, унификация, форма отчетности*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Баранова Наталья Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

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

**А.П. Дарьёшина**

**TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE CONSTRUCTION ENTERPRISE**  
Siberian state university of water transport  
A.P. Dar'yeshina

In this article it is told about that as transport influences infrastructure of the construction entity what transport modes it is more effective to use what economic indicators influence the choice of this or that type of transport, and also the choice of the most suitable and profitable to the specific entity organizational form of operation of transport.

*Keywords: transport, construction, productivity, prime cost*

Рассмотрено влияние транспорта на инфраструктуру строительного предприятия, какие виды транспорта эффективнее использовать, какие экономические показатели влияют на выбор того или иного вида транспорта, а так же выбора наиболее подходящей и выгодной для конкретного предприятия организационной формы эксплуатации транспорта.

Транспорт на строительном предприятии является частью непрерывного процесса, технологическим звеном, связывающим строительные объекты с заводами, складами и другими источниками материальных ресурсов. Значение транспорта в строительстве обусловлено большой материалоемкостью строительных работ и трудоемкостью погрузочно-разгрузочных операций. Удельный вес затрат на перевозки достигает 20% от общей стоимости строительно-монтажных работ, а трудоемкость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ (далее ПРР) составляет почти 40% от общих трудозатрат на строительстве. [1]

Эффективность использования транспорта на строительном предприятии оценивается несколькими направлениями:

- выбор способа транспортировки;
- себестоимость перевозок;
- производительность;
- выбор оптимального маршрута доставки сырья и материалов.

Рассмотрим несколько критериев.

*Выбор способа транспортировки.* Строительство использует почти все основные виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный. Выбор вида транспорта зависит от конкретных условий перевозок строительных грузов и рациональности данного вида транспорта.

Автотранспорт целесообразно использовать при перевозке грузов до 200 километров, при строительстве в труднодоступных районах и на большие расстояния. Железнодорожный транспорт, обладающий высокой производительностью и сравнительно низкой себестоимостью перевозки, рационально применять при доставке грузов на расстояние не менее 200 км. На меньшее расстояние железнодорожные перевозки экономически невыгодны из-за большой продолжительности погрузочно-разгрузочных работ, увеличивающих себестоимость транспортирования. Водный транспорт целесообразно применять для доставки массовых грузов при сосредоточенном строительстве и наличии водного пути. Воздушный транспорт из-за высокой себестоимости целесообразно применять в случае невозможности использования какого-либо другого вида транспорта, или для преодоления природных преград в транспортной схеме доставки грузов [1].

Так как на долю автотранспорта приходится свыше 80% грузов, рассмотрим его использование на строительном предприятии более детально.

*Использование специализированного автотранспорта.* В зависимости от характера перевозимых грузов и состава парка используют универсальный или специализированный автомобильный транспорт. Ряд грузов практически невозможно доставить без применения специализированных средств. Специализация – одно из направлений повышения эффективности использования транспорта в строительстве, обеспечивающее сохранность и каче-

ство доставляемых материалов и конструкций, сокращение трудозатрат на ПРР и снижение стоимости перевозок.

*Количественные показатели.* Работа транспорта на строительном предприятии характеризуется объемом перевозок и грузооборотом.

Объем перевозок – это количество груза, подлежащего перевозке, в тонну за единицу времени.

Грузооборот – объем транспортной работы в тонно-километрах (т·км) за единицу времени.

Грузопоток – часть грузооборота в определенном направлении. Для расчета грузопотока выполняют схемы и таблицы, которые составляют по каждому виду грузов и с учетом количества, направления, расстояния перевозки и типа транспортного средства. Исходными данными служат календарные планы снабжения строительства. По данным о грузообороте и грузопотоках разрабатывают варианты рационального использования транспорта.

Основным экономическим показателем работы транспорта и главным критерием при выборе его вида является себестоимость перевозки груза.

Себестоимость перевозок – это стоимостное выражение издержек, возникающих при доставке грузов у транспортных предприятий и организаций. Различают общую себестоимость, то есть сумму транспортных издержек на перевозки грузов, а также себестоимость единицы (или 10 единиц) транспортной продукции. Себестоимость автомобильных перевозок представляет собой затраты предприятия в денежном выражении на выполнение единицы транспортной работы и определяется делением суммы затрат предприятия за определённый период времени на эксплуатацию автомобильного парка, на выполненную за этот период транспортную работу. Транспортная работа исчисляется в зависимости от вида перевозок в ткм, пасс·км.

Себестоимость перевозок определяется по формуле

$$C = \frac{\sum S}{\sum P},$$

где  $C$  – себестоимость перевозок;

$S$  – суммы затрат предприятия за определённый период времени на эксплуатацию транспортных средств;

$P$  – выполненная за заданный период транспортная работа.

Показатель величины приведенных затрат  $C_{пр}$  (руб.) используются в планировании при выборе вариантов капитальных вложений, для оценки различных вариантов перевозки грузов, при определении уровня цен на новую технику, на размещение производства и т.д., определяется по формуле

$$C_{пр} = C + \sum KE,$$

где  $C$  – себестоимость доставки, руб.;

$K$  – единовременные затраты (капитальные вложения или стоимость основных фондов), руб.;

$E$  – коэффициент эффективности капиталовложений.

Себестоимость доставки  $C$  (руб.) определяют по формуле

$$C = C_{э.с.} + C_{п-р} + C_{э.м.},$$

где  $C_{э.с.}$  – себестоимость эксплуатации транспортных сооружений за расчетный период;

$C_{п-р}$  – себестоимость ПРР;

$C_{э.м.}$  – себестоимость эксплуатации транспортных средств [2].

*Выбор оптимального маршрута доставки сырья и материалов.* Большое значение имеет выбор рациональных маршрутов доставки строительных материалов. В зависимости от расстояний перевозок, характера грузовых потоков, применяемых автотранспортных средств, различают маятниковое, кольцевое и радиальное движения. При маятниковом маршруте грузы перевозятся в прямом и обратном направлении (иногда при неполной загрузке автомобилей). При кольцевом маршруте машины следуют по замкнутому кругу и проходят через несколько погрузочных пунктов, что позволяет эффективнее использовать транспорт. При радиальном маршруте автомобили отправляются из одного пункта в нескольких направлениях или прибывают из нескольких направлений в один пункт. Этот вид перевозок наиболее распространен в строительстве.

*Организационные формы эксплуатации.* Эффективное использование транспортного комплекса также во многом зависит от организационных форм и методов управления его эксплуатацией:

– машины и оборудование могут находиться на балансе небольших строительных организаций и их структурных подразделениях, что позволяет оперативно ими управлять, но при этом отсутствует возможность полноценного технического обслуживания и ремонта;

– машины и оборудование могут находиться на балансе и в составе специализированных предприятий строительной механизации. Такая концентрация техники на крупных предприятиях обеспечивает наиболее эффективное использование парка машин и способствует внедрению новых средств и наиболее прогрессивных способов производства работ, совершенствованию методов технического обслуживания и ремонта техники. В качестве примера можно привести использование автоматизированных средств контроля за состоянием большегрузных автомобилей, отслеживающие критические параметры, такие как состояние уровня топлива, напряжение бортовой сети. Подобного рода установки, как правило, совмещены с навигационными системами и позволяют контролирующему центру точно знать, где и в каком состоянии находится транспорт.

– машины и оборудование могут находиться на балансе лизинговых компаний, которые специализируются на сдаче их в долгосрочную аренду. Это дает возможность строительным предприятиям использовать технику для производства отдельных видов работ в течение необходимого периода времени, сопровождая ее услугами по техническому обслуживанию и ремонту [3].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что эффективность транспортной системы – процесс комплексный и последовательный. От выбора типа транспорта зависит условия самой возможности доставки грузов, а также его сохранности. Дальнейшее совершенствование перевозок в строительных организациях должно осуществляться путем расширения парка специализированного транспорта, улучшения использования автотранспортных средств путем усиления контроля в реальном времени с помощью средств автоматизированной обработки информации, снижения себестоимости перевозок, а также выбора наиболее подходящей и выгодной для конкретного предприятия организационной формы эксплуатации транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 СНиП 12-01-2004. Организация строительства (актуализированная редакция) // СПС КонсультантПлюс.
- 2 Дикман, Л.Г. Организация и планирование строительного производства / Л.Г. Дикман. –М.: Высш. Шк., 2006. -608 с.
- 3 Болотин, С.А. Организация строительного производства / С.А. Болотин. –М.: Академия, 2007. -208 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *транспорт, строительство, производительность, себестоимость*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Дарьёшина Арина Петровна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА БАЗЕ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ СИБИРИ**

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

**С.Н. Масленников**

**LOGISTICAL MANAGEMENT OF FREIGHT ON THE BASIS OF WATER TRANSPORT NODES SIBERIA**  
Siberian state university of water transport  
S.N. Maslennikov

The article shows the feasibility of organizing a regional scheme of goods movement in Siberia after water transport nodes. Centers of traffic management, which included in system, complies to goals and objectives of the Transport Strategy of Russia.

*Keywords: transport and logistics centers, regional studies, Siberia*

Рассматривается целесообразность организации региональной схемы товародвижения в Сибири через воднотранспортные узлы. Включение в систему центров управления перевозками соответствует целям и задачам Транспортной стратегии России.

Актуальность подготовки научно основанных предложений, обеспечивающих оптимальные варианты организации перевозок, сокращение транспортных расходов, создание усло-

вий для качественного комплексного транспортного обслуживания клиентов, определена целями Транспортной стратегии России и рядом особенностей работы речного транспорта в условиях характерных для Сибири [1].

Во-первых, собственно деятельность речного транспорта Сибири имеет свою специфику:

- безальтернативность и значительный удельный вес перевозок речным флотом в общих перевозках, завоз грузов в районы Крайнего Севера;

- действующие порты изначально функционируют как перевалочные порты и грузообразующие терминальные комплексы. Даже в настоящих условиях эти порты обеспечивают около 85% от общероссийского грузооборота с железной дорогой. Мультимодальные транспортно-логистические центры на базе портов – естественный и логичный путь развития речного транспорта;

- реки, находящиеся в естественном состоянии, требуют особой технологии поддержания в оперативном режиме судоходных условий, необходимых для эффективного использования эксплуатационно-экономических характеристик флота и портов. Между тем в настоящее время ухудшаются качественные характеристики судовых ходов – снижается протяженность участков с гарантированными габаритами и с освещаемой судоходной обстановкой;

- разветвленная сеть малых рек, позволяющая довести груз до потребителя, недостаточно используется вследствие ряда причин. Одна из причин – не в полной мере используются возможности речных портов как локальных транспортно-логистических центров – центров концентрации грузопотоков для доставки грузов в пункты малых рек;

- вследствие кардинально изменившихся экономических условий необходимо модифицировать деятельность портов, находящихся в южных промышленно развитых районах Сибири по трассе Транссиба – Тюмень, Омск, Новосибирск, Красноярск, Осетрово;

- в каждом бассейне сложилась своя структура собственников, соотношение крупных и мелких компаний грузоотправителей и транспортников и разная степень влияния различных категорий на транспортную политику. Необходима их интеграция на базе воднотранспортных узлов.

Во-вторых, участие органов власти субъектов федерации в территориальных транспортных проектах характеризуется следующими факторами:

- учитывая важность речного транспорта для «своей» территории органы власти участвуют в субсидировании речных перевозок, несмотря на сложности финансирования;

- республики, края, области разрабатывают собственные долгосрочные программы развития транспорта. Однако они не учитывают, что транспортная система субъекта федерации является частью федеральной транспортно-логистической системы. Кроме этого, реки Сибири, протекая через несколько областей, естественным образом создают единое экономическое пространство экономического района и России;

- инициативная деятельность региональных властей. Администрациями Свердловской, Тюменской и Томской областей продвигает строительство широтного автодорожного коридора Екатеринбург-Ивдель-Ханты-Мансийск-Нижневартовск-Томск. Введен в эксплуатацию автомобильный мост через реку Надым – от речного порта, расположенного на железной дороге к г. Надым. В систему развития магистральных автодорог включены речные паромные переправы из Сергино-Салехард, Стрежевое-Каргасок. Ведутся проектные работы по возведению Сургутского, Нефтеюганского, Ханты-Мансийского мостов.

Применение инструментария логистики в решении задач товарного обращения на территории региона делает необходимым представление региона в качестве хозяйственной системы. В условиях, когда основная часть регионов Сибири находится севернее основной транспортной магистрали – Транссиба, представляется возможным и целесообразным рассматривать территории бассейновых воднотранспортных систем как часть региональных хозяйственных систем экономических районов. В рамках этого представления логистика получает наибольшие перспективы к применению, что предполагает развитие региональных форм логистики с созданием общих центров обслуживания и координационного управления межфирменными потоками. Объектами управления региональной логистики предстают интегрированные внутрирегиональные, межрегиональные и транзитные потоки, в структуре которых приоритетное внимание уделяется их товарно-материальной составляющей.

Разработанная в регионалистике теория локалитетов – «малых территорий» как специфических элементов региональной логистической системы реализуется в настоящее время в виде конкретных форм территориального размещения объектов. Так, ОАО «РЖД» реали-

зует проекты по созданию терминальных логистических центров (ТЛЦ). В Новосибирске развивается промышленно-логистический парк вблизи ТЛЦ «Клещиха». Функционируют ТЛЦ в составе Восточной транспортно-логистической зоны Новосибирского транспортного узла. При создании локальных логистических центров на базе воднотранспортных узлов они органично встраиваются в многоуровневую логистическую систему управления внутрирегиональными, межрегиональными и транзитными потоками в экономическом пространстве региона при подчинении целей логистики целям социально-экономического развития региона и сохранения экологии.

Воднотранспортные узлы должны стать опорными точками в транспортном каркасе Сибири. Мобилизация мощностей воднотранспортных узлов Сибири предопределена мероприятиями ФЦП «Развитие транспортной системы России», в состав которых включены сибирские транспортные проекты: создание Северного широтного хода со строительством Салехарского моста, завершение строительства Амуро-Якутской магистрали, привлечение грузопотоков на Северный морской путь, развитие сети железных дорог Урала, Сибири и Дальнего Востока.

Интегративность, системное и комплексное управление региональными транспортными потоками, которое должно быть реализовано в Сибирском регионе через воднотранспортные узлы, позволит снизить затраты и ускорить товародвижение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Никифоров, В.С. Место и роль речных предприятий в региональной транспортной системе / В.С. Никифоров, Д.А. Кемайкина, А.С. Кравчук, К.А. Кречетова, Н.В. Громова // -Речной транспорт (XXI век). -2015. -№2(73). -С. 22-25.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** транспортно-логистические центры, регионалистика, Сибирь  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕЧНЫХ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В РАЙОНАХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ**

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

**Т.В. Кудряшова, С.Н. Масленников**

### **ANALYSIS OF FACTORS OF DEMAND FOR PASSENGER TRANSPORTATION PUBLIC AREAS NOVOSIBIRSK OBLAST AND MIDDLE OB REGIONS**

Siberian state university of water transport  
T.V. Kudryashova, S.N. Maslennikov

As a result of the analysis of the high-speed passenger areas of the Middle Ob justified proposals for their development.

*Keywords: passenger fleet, the river Ob*

На основе анализа состояния скоростных пассажирских перевозок районов Среднего Приобья обоснованы предложения по их развитию.

По характеру речной сети, условиям питания река Обь делится на 3 участка: верхний (до устья Томи), средний (до устья Иртыша) и нижний (до Обской губы). Водный путь в границах Среднего Приобья пересекает всю Томскую область, и в границах Ханты-Мансийского автономного округа участок водного пути до города Ханты-Мансийска.

Все транзитные скоростные пассажирские линии Среднего Приобья обслуживались, в основном, флотом Западно-Сибирского речного пароходства (ЗСРП), а также частично флотом Обь-Иртышского речного пароходства (ОИРП), которые занимали ведущее место по перевозкам пассажиров в бассейнах Сибири и Дальнего Востока, на их долю приходилось более половины всех перевозок пассажиров. До конца 1980-х гг. им была присуща тенденция роста объемов пассажирских перевозок. В общем объеме пассажирских перевозок на долю скоростных перевозок приходилось 20-30% перевезенных пассажиров и более половины всей транспортной продукции.

Ухудшение экономической ситуации в стране в конце 1980-х начале 1990-х гг. нашло отражение и в работе речных транспортных предприятий, в том числе на пассажирских перевозках. Рост затрат на приобретение необходимых ресурсов, стремление судовладельцев

к получению прибыли и на пассажирских перевозках привело к резкому повышению стоимости пассажирских перевозок скоростными судами и, как следствие, к снижению объемов перевозок и эффективности работы флота. Особенно значительное снижение пассажирских перевозок имело место в начале 1990-х гг. Так в ЗСРП за период с 1990 г. по 1994 г. объем перевезенных пассажиров резко сократился – в 5,0 раз по количеству пассажиров и в 4,8 раза по пассажирообороту, а скоростным флотом – в 10,0 и 3,8 раза, соответственно.

Дальнейшее снижение пассажирских перевозок шло с меньшей интенсивностью, хотя тенденция падения объемов перевозок пассажиров и пассажирооборота сохранялась до конца 1990-х гг., по скоростным перевозкам среднегодовые темпы падения были в 1,5 раза выше. Динамика пассажирских перевозок ЗСРП за период с 1989 г. по 2000 г. представлена на рисунке.

За период 1995-1998 гг. был закрыт целый ряд транзитных скоростных пассажирских линий Среднего Приобья: Новосибирск-Томск (1995 г.); Томск-Нарым (1996 г.); Колпашево-Колтогорск (1997 г.); Новосибирск-Колпашево (1998 г.); Томск-Колпашево (1998 г.).

В навигацию 2002 г. была закрыта скоростная линия. Дальнейшее снижение

объема пассажирских перевозок, начиная с 2000 г., связано с дальнейшим поэтапным закрытием линий. Рост цен на ресурсы и соответствующее повышение стоимости пассажирских перевозок скоростными судами, падение платежеспособности населения и ограничение размера выделявшихся средств поддержки из бюджетов разного уровня на возмещение расходов перевозчика, спровоцировали закрытие многих скоростных линий. Все «Ракеты», «Восходы», «Метеоры» и другие скоростные пассажирские суда, являвшиеся ранее гордостью речного флота, оказались убыточными и были выведены из эксплуатации с постановкой их на холодный отстой или проданы.

Несмотря на снижение объема перевозок речным транспортом, он является безальтернативным видом транспорта в районе Средней Оби.

Учитывая социальную значимость пассажирских перевозок в Ханты-Мансийском округе Администрация Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) субсидирует перевозки пассажиров через окружное АО «Северречфлот». Пассажирские перевозки в ХМАО – Югре осуществляются в границах семи административных районов с 124 населенными пунктами. Скоростные суда используются на местных и транзитных линиях по 27 маршрутам, которые охватывают Ханты-Мансийский округ, юг Тюменской области от Бобровского до Тобольска и Ямало-Ненецкий округ от Березово до Салехарда. Все остановочные пункты обеспечены вспомогательным флотом и устройствами для качественного обслуживания пассажиров.

Особое значение в межрегиональных связях ХМАО, Томской и Новосибирской областей занимают перевозки пассажиров на направлениях Нижневартовск-Каргасок, Каргасок-Новосибирск.

Стабильный пассажиропоток, сформированный за несколько десятилетий организации речных перевозок в направлении Новосибирск-Нижневартовск был потерян в течение 2-3 навигаций. Прекращение перевозок в 2002 г. из-за срыва гарантированных глубин судового хода, повлекшее сокращение спроса, наложилось на неустойчивые финансовые показатели речных пассажирских перевозок, привели к убыточности линии, и ее закрытию в 2004 г.

Длительное время на грани закрытия работали линии Нижневартовск-Сургут, Каргасок-Нижневартовск. После ввода в эксплуатацию автомагистрали на параллельном маршруте речная пассажирская линия Нижневартовск-Сургут не смогла выдержать конкуренции и была закрыта. Потребности в пассажирских перевозках на линиях Стрежевой (Колтогорск)-Каргасок, Нижневартовск-Каргасок обеспечивают компании Обьречфлот и Северречфлот.

Профицит бюджета Тюменской области, создаваемый Западно-Сибирским нефтегазовым комплексом, позволяет реально заниматься развитием сети автомобильных



Рисунок – Динамика пассажирских перевозок

дорог. Растут перевозки грузов автомобильным транспортом. Значительное влияние на снижение пассажирских перевозок всеми видами транспорта оказывает тенденция автомобилизации населения. В Среднем Приобье (и в районах, приравненных к районам Крайнего Севера) в летние отпускные месяцы начинается массовое перемещение населения на своих автомобилях. Растут потребности в перевозках речным транспортом грузового автотранспорта и легковых автомобилей.

В систему межрегиональных транспортных коридоров как продолжение магистральных автодорог вошли речные паромные переправы Приобье (Сергино)-Салехард (Надым, Андра). К недостаткам этих переправ относятся условия перевозок пассажиров следующих на легковых автомобилях. Это пассажирские места, оборудованные на баржах, или в лучшем случае на сопровождающем пассажирском теплоходе. На линии Медведево-Стрежевой (Колтогорск) вышли из положения, установив купейные железнодорожные вагоны на паром, где предоставляются спальные места и предлагается горячее питание.

Вместе с тем кардинальное решение повышения транспортной доступности для населения, улучшения регулярности и комфортности перевозок пассажиров в условиях существующих водных путей Сибири возможно с внедрением на пассажирских перевозках новых высокоскоростных и высокоэкономичных видов подвижного состава речного транспорта.

К таким перспективным типам пассажирских судов следует отнести суда на динамической воздушной подушке (СДВП), называемые еще экранопланами (ЭП).

Способность движения экранопланов не только над поверхностью воды, но и над поверхностью снега или льда замерзших рек позволит перевозить людей в любое время года и ликвидировать недостаток речного транспорта – межсезонность. Особенностью Сибири является, то, что зимой перевозки осуществляются по зимним автодорогам – зимникам и по льду на реках. Однако период межсезонья - период ледостава и ледохода в условиях отсутствия транспорта оказывается для населения ощутимо длительным.

Скоростные характеристики экранопланов и комфортабельность обеспечивают дальние перевозки пассажиров в течение светового дня.

Осуществлять круглогодичные пассажирские перевозки способны и амфибийные суда на воздушной подушке (АСВП), строительство которых серийно осуществляется в стране на протяжении ряда лет, они получили широкое распространение в районах Сибири и Дальнего Востока, однако, как показал опыт эксплуатации АСВП, их низкая топливная экономичность и высокие затраты на ремонт и обслуживание препятствуют их массовому использованию.

В нашей стране, которая является родоначальником проектирования и строительства ЭП (исследования тематики полета при помощи экрана начались еще в тридцатых годах, в шестидесятых произошли испытания первого аппарата и в воздух поднялся аппарат КМ) накоплен огромный опыт проектирования, строительства и эксплуатации ЭП, в том числе малых ЭП гражданского назначения – «Стриж», «Волга», «Иволга», «Акваглайд» и др. Есть квалифицированные и опытные специалисты, имеется необходимая судостроительная база. Так, в 2013 г. завершены приемо-сдаточные испытания нового аппарата «Стриж», планируемого для серийного производства; в 2014 г. проведены испытания 20-местного экраноплана «Орион» и ведутся широкомасштабные работы по созданию его модельного ряда; на реке Лена в 2015 году прошел испытание первый опытный экземпляр ЭП «Буревестник-24», который в настоящее время проходит опытную эксплуатацию на пассажирских маршрутах Якутии.

Приведенные факты свидетельствуют о повышении интереса к подобным аппаратам, сегодня разработкой и строительством экранопланов активно занимаются также в США, Германии, Южной Корее и Китае. Заинтересованность в этом виде транспорта проявляют как военные, так и гражданские структуры.

Сегодня становятся актуальными научные исследования по изучению состояния и перспектив рынка транспортных услуг, оказываемых скоростными судами, по поиску сфер их эффективного использования, а также обоснованию схем финансирования и путей снижения рисков вложения капитала в новые высокоскоростные и высокоэкономичные транспортные средства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пассажирский флот, река Обь*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Кудряшова Татьяна Валентиновна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Масленников Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ СПРОСА НА ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ НАСЕЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЙОНОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Т.В. Кудряшова

ANALYSIS OF FACTORS OF DEMAND FOR PASSENGER TRANSPORTATION PUBLIC AREAS NOVOSIBIRSK OBLAST AND MIDDLE OB REGIONS

Siberian state university of water transport

T.V. Kudryashova

The analysis of dynamics of demographic and socio-economic indicators as factors of demand for passenger transport.

Keywords: population, revenues, expenditures, dynamics, level

Произведен анализ динамики демографических и социально-экономических показателей как факторов спроса на пассажирские перевозки.

Спрос на пассажирские перевозки, как составная часть потребностей населения в целом, формируется под влиянием множества факторов: факторов социально-демографического характера (численность населения, плотность населения, степень урбанизации региона), экономического характера (среднедушевых денежных доходов и потребительских расходов населения, динамика реальных располагаемых денежных доходов, структура денежных доходов населения и структура их использования), социального характера (социальная структура населения, половозрастной состав, уровень занятости населения) и ряда других факторов. Связь фактора и спроса на пассажирские перевозки может быть как прямая, когда рост фактора приводит к росту спроса, так и обратная, когда рост фактора приводит к уменьшению спроса, но следует отметить, что прямая связь, например, роста доходов населения, не всегда отражается на росте спроса на пассажирские перевозки определенным видом транспорта, так как в данном случае в силу вступает конкуренция с другими видами транспорта. Степень влияния различных факторов неодинакова, влияние некоторых факторов в конкретных условиях места и времени непосредственно, другие факторы влияют косвенно.

Томская область и Ханты-Мансийский автономный округ, которые называют районами Среднего Приобья по делению течения реки Обь по характеру речной сети и условиям питания на 3 участка (верхний до устья Томи, средний до устья Иртыша и нижний до Обской губы), вместе с Новосибирской областью занимают 42,2% площади территории Западной Сибири, а доля численности их населения составляет 37% (таблица 1). Средняя плотность населения районов Среднего Приобья и Новосибирской области – 3,1 и 15,5 человек на 1 км<sup>2</sup> соответственно, при средней плотности населения России – 8,6 человек на 1 км<sup>2</sup> [1, 2].

Таблица 1 – Характеристика субъектов РФ

Субъект РФ	Площадь		Население (на 01.01.2016 г.)		Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>
	тыс. км <sup>2</sup>	% от РФ	тыс. чел	% от РФ	
Новосибирская область	177,7	1,0	2762,2	1,88	15,5
Томская область	314,1	1,8	1076,7	0,73	3,4
Тюменская область с Ханты-Мансийским автономным округом (ХМАО), в том числе:	1464,2	8,5	3615,5	2,47	2,5
– ХМАО	543,8	3,2	1626,7	1,11	3,0
Западная Сибирь	2454,8	14,3	14742,5	10,06	6,0
Российская Федерация	17125,2	100,0	146544,7	100,0	8,6

В последние годы заметно увеличилась численность населения в Новосибирской области и районах Среднего Приобья – на 6,3% в 2016 г. по сравнению с 2000 г. (на фоне отрицательного прироста численности населения РФ за рассматриваемый период). В рассматриваемых регионах преобладают городские населенные пункты, доля городского населения свыше 70%, а в Ханты-Мансийском автономном округе свыше 90%, что выше среднероссийских показателей. Динамика численности населения в рассматриваемых регионах на

1 января, представлена в таблице 2.

*Таблица 2 – Динамика численности населения (по состоянию на 1 января)*

Район	2000 г.		2005 г.		2010 г.		2015 г.	
	тыс. чел	%, ГН						
Новосибирская область	2725,5	74,6	2666,0	75,5	2661,6	76,9	2746,8	78,2
Томская область	1057,8	67,1	1029,9	68,3	1040,2	70,0	1074,4	71,6
ХМАО	1359,6	91,1	1462,2	90,8	1521,2	91,4	1612,1	92,0
РФ	146890,1	73,2	143474,2	73,2	142856,5	73,7	146270,0	74,2

ГН-городское население

В динамике численность городского населения имеет тенденцию роста, по сравнению с 2000 г. численность городского населения Новосибирской области и Среднего Приобья увеличилась на 11,8%. Численность населения Сургута и Нижневартовска приблизилась к четверти миллиона, выросли современные города: Надым – на базе нефтяного месторождения Медвежье; Уренгой – возле Уренгойского газового месторождения и др. Численность населения небольших сельских поселений незначительна (300-500 чел.) и характеризуется относительной стабильностью.

Города Тюменского севера прочно удерживают первые места в стране по величине и динамике роста денежных доходов – одному из основных показателей уровня жизни населения. Абсолютная величина денежных доходов во времени является несопоставимыми показателями в связи с различием в численности получателей доходов. С целью обеспечения сопоставимости определяются среднедушевые денежные доходы населения в месяц (делением годового объема денежных доходов на 12 месяцев года и на среднегодовую численность населения). Денежные доходы на душу населения ХМАО Тюменской области более чем в 2 раза выше средних по Западно-Сибирскому региону и в 1,5 раза выше средних по РФ, прежде всего, благодаря доходам населения занятого в топливно-энергетических отраслях (таблица 3) и на протяжении ряда лет они остаются одними из самых высоких в Российской Федерации.

*Таблица 3 – Динамика среднедушевых денежных доходов и расходов населения*

Район	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<b>1 Среднедушевые денежные доходы населения (в месяц), руб.</b>						
Новосибирская область	6639	16276	18244	20728	22597	23110
Томская область	8142	15070	16516	18027	20429	21549
ХМАО	18115	32385	33926	36345	39292	41503
РФ	8088	18958	20780	23221	25928	27766
<b>2 Потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц), руб.</b>						
Новосибирская область	5880	12648	14898	16493	18051	19981
Томская область	5547	9509	11199	11884	13285	13993
ХМАО	9760	18360	19539	22318	24686	26205
РФ	5627	13185	15248	17232	19075	20814

Потребительские расходы населения характеризуют финансовые возможности граждан для приобретения товаров продовольственного и непродовольственного назначения и оплаты услуг, удовлетворяющих потребности в образовании, здравоохранении и других сферах общественной жизни.

Наблюдается четкая тенденция роста среднедушевых денежных доходов и потребительских расходов населения с преобладанием среднедушевых денежных доходов над расходами (рисунок 1), что свидетельствует об устойчивом удовлетворении первичных потребностей людей.

Для районов Среднего Приобья доля потребительских расходов в доходах населения ниже среднероссийского уровня, для Новосибирской области выше. Темп роста расходов за период 2008-2014 гг. опережал темп роста доходов, как и среднероссийский, а среднегодовой темп роста доходов и расходов был ниже среднероссийского.

Наиболее объективно характеризует изменения в уровне жизни населения показатель реальные располагаемые доходы населения (таблица 4), это доходы населения за вычетом обязательных платежей, прежде всего налогов, и пересчитанные с учетом инфляции.



Рисунок 1 – Динамика среднедушевых денежных доходов и потребительских расходов, в среднем за месяц

Таблица 4 – Динамика реальных располагаемых денежных доходов населения, в % к предыдущему году

Район	Год									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Новосибирская область	118,6	113,1	111,9	110,3	106,1	103,5	104,3	107,8	102,6	95,6
Томская область	110,9	111,1	109,9	98,3	92,6	103,2	101,5	101,2	105,7	98,0
ХМАО	114,9	112,0	112,5	109,9	88,3	93,4	98,4	102,8	101,8	100,1
РФ	112,4	113,5	112,1	102,4	103,0	105,9	100,5	104,6	104,0	99,3

Реально располагаемые доходы населения отражают максимальную стоимость потребительских товаров и платных услуг, которые могут быть приобретены на текущие доходы населения по ценам базисного периода в целях удовлетворения своих личных потребностей, не прибегая к использованию своих накопленных финансовых или нефинансовых активов и не увеличивая финансовые обязательства.

В Новосибирской области и районах Среднего Приобья увеличение этого показателя из года в год говорит о достаточно благоприятных тенденциях в экономике региона.

Спад, наблюдаемый в период 2008 -2011 гг. в Томской области и ХМАО в связи с очередным экономическим кризисом с 2012 г. сменился приростом, и появилась явная положительная тенденция роста доходов, но с более низкими темпами (рисунок 2), спад последних лет связан с очередным экономическим кризисом.

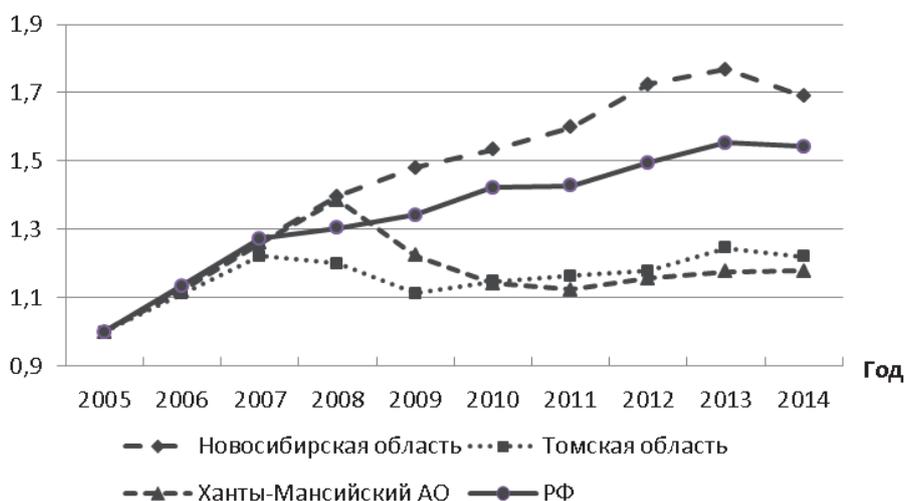


Рисунок 2 – Сравнительная динамика реальных располагаемых денежных доходов населения

В результате анализа демографических и социально экономических показателей уровня жизни населения Новосибирской области и районов Среднего Приобья можно отметить присутствующую им тенденцию роста численности населения, что предполагает рост спроса на пассажирские перевозки, а рост абсолютного размера среднедушевых денежных доходов населения, отражающий повышение благосостояния граждан создает предпосылки к росту мобильности населения и, соответственно, к росту спроса на пассажирские перевозки. Увеличение подвижности населения может быть обусловлено и высокой долей городского населения, которое более активно перемещается в целях удовлетворения культурно бытовых и социальных нужд. Показатели Новосибирской и Томской областей близки к среднероссийским, для ХМАО характерно их большее отклонение в сторону, обеспечивающую большую мобильность, а, следовательно, и больший спрос на пассажирские перевозки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). -Режим доступа: <http://www.fedstat.ru>.
- 2 Российский статистический ежегодник. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** население, доходы, расходы, динамика, уровень  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Кудряшова Татьяна Валентиновна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЙОНОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ**

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

**Т.В. Кудряшова**

### **ANALYSIS OF THE NOVOSIBIRSK OBLAST AND MIDDLE OB REGIONS POPULATION LIVING LEVEL SOCIO-ECONOMIC INDEXES**

Siberian state university of water transport  
T.V. Kudryashova

The analysis of the Novosibirsk oblast and middle Ob regions demographic and socio-economic indicators dynamics.

*Keywords: revenues, expenditures, dynamics, standard of living*

Произведен анализ динамики демографических и социально-экономических показателей Новосибирской области и районов Среднего Приобья.

Уровень жизни определяется как совокупность товаров и услуг, которыми располагает отдельный человек, семья или социальная группа населения. При этом одним из наиболее важных индикаторов уровня жизни, как правило, считается показатель доходов, определяющий возможность приобретать товары, услуги и различные активы. Доходы используются на финансирование потребительских расходов и сбережений, которые могут быть источником будущих расходов на потребление или использоваться для финансирования приобретения населением финансовых активов и имущества (дома, земля и др.), владение которыми также влияет на уровень жизни. Для характеристики уровня жизни населения и его анализа рассчитывается целый ряд и других статистических показателей, отражающих различные стороны данной категории - показатели обеспеченности населения жильем, показатели дифференциации доходов населения, уровня и границ бедности, социально-демографические характеристики, обобщающие оценки уровня жизни населения.

При анализе уровня жизни применяются показатели доходов на душу населения, которым пользуются для сравнительного анализа доходов населения по отдельным регионам, отраслям экономики, социальным группам. Динамика среднедушевых денежных доходов рассматриваемого региона представлена на рисунке 1. Наблюдается четкая тенденция роста среднедушевых денежных доходов со среднегодовым приростом 7,9% и 9,6% по Новосибирской и Томской областям, соответственно, при среднероссийском 9,8%, а сам уровень доходов на душу населения ниже среднероссийского. В Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) среднегодовой прирост 6,6%, но при этом в ХМАО уровень доходов на душу населения выше среднероссийского в среднем за анализируемый период в 1,6 раза [1-3].

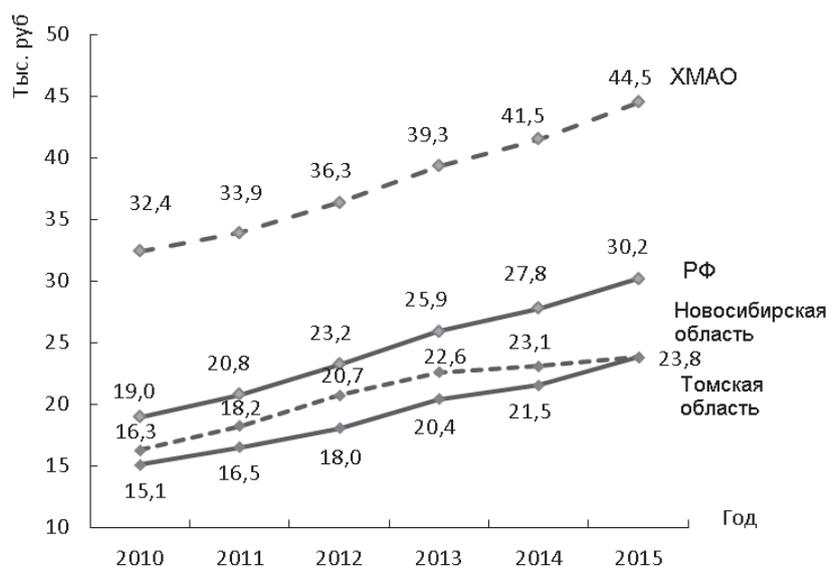


Рисунок 1 – Динамика среднедушевых денежных доходов в среднем за месяц

Главным источником денежных доходов населения была и остается заработная плата наемных работников (таблица 1), в Ханты-Мансийском автономном округе доля оплаты труда в общих доходах почти в два раза выше среднероссийской и составляет порядка 70%, в Томской области - 50%, в Новосибирской области (НСО) 40% – на уровне средней по стране (41,6%). В динамике доля заработной платы в доходах населения снизилась.

Таблица 1 – Структуры денежных доходов населения, %

Статья	Новосибирская область		Томская область		ХМАО		РФ	
	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.
Всего доходов, в том числе:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
– доходы от предпринимательской деятельности	7,0	3,9	15,5	12,0	7,5	6,5	8,9	8,4
– оплата труда	39,0	42,2	50,6	48,8	68,3	70,9	40,3	41,6
– социальные выплаты	18,8	19,9	21,8	23,8	12,3	14,6	17,7	18,0
– доходы от собственности	3,7	5,5	3,7	5,1	3,6	4,4	6,2	5,8
– другие доходы (включая «скрытые», от продажи валюты, денежные переводы и пр.)	31,5	28,5	8,4	10,3	8,3	3,6	26,9	26,2

Предпринимательская активность населения НСО и ХМАО ниже средней по стране, в динамике доля доходов от предпринимательской деятельности падает, как и в среднем по России, что связано, вероятно, с ухудшением условий для развития бизнеса. Доля социальных трансфертов, наоборот, увеличивается, что отражает попытки государства сдерживать рост неравенства за счет включения перераспределительных механизмов.

В структуре использования денежных доходов населения наибольшую долю занимают расходы на покупку товаров и оплату услуг населения. Для Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа эта доля ниже среднероссийской (таблица 2).

В динамике очевидны структурные сдвиги в сторону увеличения доли по всем статьям затрат за счет уменьшения доли финансовых активов, сама доля финансовых активов для Томской области и ХМАО выше среднероссийской.

В рамках потребительского стандарта выживания, основанного на покупке товаров и услуг первой необходимости, правила диктует, в основном, производитель, а за пределами стандарта потребители начинают сами выбирать альтернативные и приоритетные для себя направления использования денежных доходов, включая их трансформацию в недвижимость и сбережения.

Важнейшим показателем уровня жизни населения является показатель соотношение среднедушевых доходов населения с величиной прожиточного минимума (ПМ). Соотношение доходов и ПМ в 2014 г. в РФ составляло 344,8%, то есть в среднем население страны получало примерно 3,5 ПМ (таблица 3).

*Таблица 2 – Структура использования денежных доходов, %*

Статья	Новосибирская область		Томская область		ХМАО		РФ	
	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.
Всего расходов и сбережений, в том числе:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
– покупка товаров и оплата услуг населением	77,7	83,0	63,1	64,6	58,0	62,5	69,6	75,3
– расходы населения на оплату обязательных платежей и разнообразных взносов	10,5	13,7	12,4	14,4	15,6	17,3	9,7	11,8
– приобретение недвижимости	2,2	2,7	2,1	5,0	3,2	7,8	3,4	4,5
– прирост финансовых активов	9,6	0,6	22,4	16,0	23,2	12,4	17,3	8,4
из него прирост (уменьшение) денег на руках у населения	-4,4	-10,0	7,3	6,7	12,8	7,6	2,3	0,2

Население Новосибирской области в среднем получало в 2014 г. 2,587 прожиточных минимума, а доля населения Новосибирской области с такой величиной соотношения и более составляла 40%.

*Таблица 3 – Соотношение доходов населения с величиной прожиточного минимума, %*

Район	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Новосибирская область	307,1	299,6	258,7
Томская область	264,3	263,2	245,5
Ханты-Мансийский автономный округ	387,7	365,5	361,3
РФ	356,7	354,9	344,8

Для Томской области только 38% населения получало доходы больше чем 2,455 ПМ. В ХМАО величина соотношения выше среднероссийской и 38% населения получало в 2014 г. 3,613 прожиточных минимума и выше. В динамике величина соотношения доходов населения с величиной прожиточного минимума имеет тенденцию снижения, как по рассматриваемым районам, так и по Российской Федерации в целом.

В результате анализа социально экономических показателей уровня жизни населения Среднего Приобья и Новосибирской области можно отметить некоторое неравенство районов по уровню благосостояния, которое выражается дифференциацией доходов, расходов и других показателей уровня жизни населения по территориальному признаку, что обусловлено условиями жизни в различных районах, а также экономическим уровнем развития территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). -Режим доступа: <http://www.fedstat.ru>.
- 2 Российский статистический ежегодник. -Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
- 3 Центральная база статистических данных (ЦБСД). -Режим доступа: <http://cbsd.gks.ru>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *доходы, расходы, динамика, уровень жизни*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Кудряшова Татьяна Валентиновна, доцент, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНКУРЕНЦИЯ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ**

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

**А.Е. Ломаная**

**ECONOMIC COMPETITION AND ITS FEATURES TRANSPORT**  
 Siberian state university of water transport  
 A.E. Lomanaya

This article examines the concept of economic competition, from a positive point of view, that is, as competitiveness of market participants in order to outdo each other, not destroy. Particular attention is drawn to the peculiarities of competition in the transport sector.

*Keywords: competition, economy, economic competition, transport, transport services*

Рассмотрено понятие экономической конкуренции, с положительной точки зрения, то есть, как состязательности участников рынка в целях превзойти друг друга, а не уничтожить. Особое внимание обращается на особенности конкуренции в транспортной сфере.

Сущность и содержание экономической конкуренции в России за последнее столетие не подвергались серьезному научному исследованию и практически не имеют обоснованных ответов и четких общепринятых определений. В период централизованно планируемой системы в этом не было особой необходимости, а в последнюю четверть века после ориентации на рыночные условия каждый автор руководствуется своими представлениями: от концепции бескомпромиссной биологической борьбы за существование до весьма идеалистических представлений о конкуренции, как некоем волшебном средстве, обеспечивающем «повышения качества продукции и снижения ее удельной цены» [1, 3-6, 8].

Естественно, что подобные упрощенные представления об экономической конкуренции не могут содействовать нормальному развитию экономики, а вызывающий негативные и криминальные последствия.

Трактовка конкуренции, как борьбы с внешним окружением, особенно при распространенном чрезмерном употреблении милитаристской терминологии, привела к тому, что даже физическое уничтожение воспринимается в российском обществе почти как обычное явление, хотя многие западные социологи рассматривают ее как неантагонистический конфликт.

Цивилизованная экономическая конкуренция – это инициативная творческая состязательность экономических агентов хозяйственной деятельности, то есть мирный регулируемый (институционализированный) конфликт, участники которого стремятся превзойти, а не уничтожить друг друга [1]

Такое понимание очень далеко от распространенных в российской прессе представлений о «конкурентной борьбе» а практика экономических отношений с расстрелами предпринимателей убедительно свидетельствует, что надежды российских младореформаторов на автоматизм действий «невидимой руки рынка» и конкуренции в решение экономических проблем явно преувеличены и иллюзорны.

Таким образом, сущность экономической конкуренции – это не борьба и не война с внешней средой, что вытекает из самого латинского термина «*concurrentia*», означающего «столкновение, соревнование, состязание» и т.п., а в основном – деятельность внутрифирменного потенциала и способности к лучшему удовлетворению запросов потребителей.

В отношениях же с внешним окружением (средой) на первое место выдвигается не борьба и другие противодействия, а факторы кооперации взаимовыгодного сотрудничества, выявление и реализация которых предопределяется так же внутренним потенциалом и квалификацией управленческого персонала.

Именно указанные аспекты обеспечивают успех деятельности современной фирмы и ее конкурентоспособность на рынке.

Экономическая конкуренция в транспортной отрасли рыночной экономики также играют важнейшую роль. Ее сущность и содержание естественно остается тем же, что и в других отраслях и сферах деятельности общества, но проявляется с учетом специфических особенностей этой отрасли, действие которых в ряде ситуаций помогает глубже понять и усвоить сущность самой конкуренции [7].

Основные из этих особенностей следующие:

– транспорт – это сфера услуг, распространяющаяся на весь народнохозяйственный комплекс, поэтому результаты экономической деятельности клиентов-потребителей этих транспортных услуг;

– в российской хозяйственной практике транспортное обслуживание потребителей в большинстве случаев обеспечивается не каким-либо одним, а несколькими видами транспорта в процессе их согласованного взаимодействия. Вследствие этого необходимо в качестве исходного субъекта конкуренции рассматривать обычно не деятельность конкретного вида транспорта, а отдельные транспортно-технологические схемы доставки грузов (или пассажиров), обеспечивающие весь требуемый комплекс услуг конкретному потребителю на рассматриваемом маршруте;

– вследствие отмеченного практически нет смысла и необходимости рассматривать так называемую межвидовую конкуренцию и конкурентоспособность отдельных видов транспорта, поскольку каждый из них выполняет только часть транспортной работы по доставке (железнодорожной – от станции до станции, речной и морской – от порта до порта и т.п.);

– очевидно, что успешное оказание каждой транспортной услуги, возможно не при борьбе задействованных транспортных организаций, а исключительно только при тесной их кооперации, сотрудничестве и взаимодействии;

– объективная и обоснованная оценка результата транспортного обслуживания как его

конкурентоспособности возможен только при использовании стоимостных показателей, отражающих финансово-экономические показатели, обслуживающие клиентов;

– для оценки финансово-экономических результатов деятельности транспортных организаций целесообразно использовать не тарифные, а договорные цены.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Аберкромби, Н. Социологический словарь: 2-е изд. переработ. и дополн / Н. Аберкромби, С. Хилл, Б.С. Тренер. Пер. с англ. под ред. С.А. Ерофеева. - М.: Экономика, 2004. -620 с.
- 2 Большая Российская энциклопедия: в 30т. -М.: Научн. изд. «БРЭ», 2010. -Т.15. -767 с.
- 3 Большой экономический словарь / под ред. А.Н. Азрилияна. 3-е изд. -М.: Инстит. мир. экон., 2008, -690 с.
- 4 Васильева, З.А. Иерархия понятий конкурентоспособности субъектов рынка / З.А. Васильева // -Маркетинг в России и за рубежом. -2006. -№2. -С. 23-32.
- 5 Завьялов, П.С. Конкуренция-неотъемлемое свойство развитого рынка / П.С. Завьялов // -Маркетинг. -2007. -№5. -С. 2-14.
- 6 Конкуренция - ключевая категория рыночных отношений. -Режим доступа: <http://works.doklad.ru/view/upJ7p5YbxR0.html>. -22.10.2016.
- 7 Масленников, С.Н. Экономика отрасли (Внутренний водный транспорт) / С.Н. Масленников, Г.С. Быков. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2016.
- 8 Платонова, Н.Л. Планирование деятельности предприятия: Учебное пособие. / Н.Л. Платонова, Т.В. Харитонова. -М.: Изд. «Дело и Сервис», 2005. -432 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** конкуренция, экономика, экономическая конкуренция, транспорт, транспортное обслуживание

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Ломаная Анна Евгеньевна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

## **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИКИ**

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

**В.А. Виниченко**

### **MODERN ASPECTS OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT IN THE STRATEGIC ANALYSIS OF THE ECONOMY**

Siberian state university of water transport

V.A. Vinichenko

The article is devoted to questions of modern strategic analysis in terms of sanctions. It is due to address issues of updating the analysis of the economy, may make informed management decisions, as well as the development of rational strategies and ways of further development. A rational, well thought-out strategy would guarantee to overcome the negative effects of the sanctions regime without deterioration of basic social and economic indicators.

*Keywords: strategic analysis, economy, development, management decisions*

Рассматриваются вопросы современного стратегического анализа в условиях действия санкций. Именно благодаря решению вопросов актуализации анализа экономики, возможно принятие взвешенных управленческих решений, а также выработка рациональной стратегии и путей дальнейшего развития. Рациональная, тщательно продуманная стратегия выступит гарантом преодоления негативных последствий санкционного режима без ухудшения основных социально-экономических показателей.

Под стратегическим анализом в общем смысле принято понимать процесс преобразования информации, полученной в результате исследования внешней среды в стратегический план организации.

Стратегический анализ занимает ключевое место в процессе развития бизнеса. Грамотно выполненный стратегический анализ становится значимым конкурентным преимуществом компании, поскольку наделяет ее остроактуальной и полезной информацией [2].

Исследование и анализ стратегических программ развития экономики выступает одним из приоритетных направлений в плане действий Правительства России, направленных на обеспечение стабильного социально-экономического развития Российской Федерации.

На сайте Министерства образования и науки регулярно объявляются конкурсы на «проведение исследований и анализ стратегических программ развития экономики и промышленности регионов, с целью разработки предложений для включения результатов инновационной, научно-технологической деятельности вузов в экономическую деятельность субъектов Российской Федерации». Без стратегического анализа бизнес-среды это неосуществимо.

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года особое внимание уделяется как понятию «стратегия», так и понятию «современность» [3].

Особенно актуальными эти вопросы становятся в условиях девальвации рубля и значительного падения внешних (мировых) цен на нефть, причиной которого послужили экономические санкции, введенные странами Евросоюза и США в ответ на присоединение Крыма к России, ограничивающие технологическое и инвестиционное взаимодействие западных стран с российскими компаниями. Чрезвычайно остро стоят сейчас вопросы повышения привлекательности российских компаний для инвесторов, которых Россия лишилась еще в 2014 году – в самом начале затянувшегося кризиса.

Как контрмера было введено продуктовое эмбарго, запрещающее ввоз в Россию «отдельных видов» сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, страной происхождения которых является государство, вводившее экономические санкции в отношении России. В этой связи, была поставлена задача импортозамещения, которая была озвучена Президентом РФ в 2014 году: увеличить долю отечественных товаров на внутреннем рынке с обеспечением требуемого качества продукции и приятных для покупателя цен [5]. Перед руководителями компаний была поставлена непростая задача: на основе имеющихся данных компании необходимо было провести анализ, выявить слабые стороны и определить перспективные направления ее роста, одновременно приспособив технологический процесс к современным условиям рыночной экономики.

Несмотря на то, что с 01.04.2002 г. в соответствии с заявлением Министерства торговли США России предоставлен статус страны с рыночной экономикой, в соответствии с международной классификацией Организации Объединенных наций, Россия находится все еще в составе стран с переходной экономикой (2% мирового ВВП и 1% экспорта), ставя всему миру в пример развивающиеся страны Запада [4].

На предприятиях Запада, безусловно, накоплен колоссальный опыт постоянной замены основных фондов предприятия. Объем начисляемого ежегодно амортизационного фонда может достигать 60% от валового оборота предприятия. В России подобное формирование амортизационного фонда с ускоренным начислением износа основных средств, который включается в себестоимость продукции, будет рассмотрено налоговыми органами как уменьшение налогооблагаемой прибыли.

Российским предприятиям, несмотря на государственную поддержку в виде предоставления цен на энергоносители по внутренним тарифам, введения завышенных пошлин на зарубежные аналогичные товары, осуществления других протекционистских мер, не хватает реальных благоприятных условий для развития малого бизнеса – упрощенной схемы регистрации, льготного налогообложения, доступных кредитов и др.

Именно сейчас у российских предприятий, находящихся на пике импортозамещения, появился шанс завоевать рынок. Перед ними стоит ряд непростых задач: техническая и технологическая модернизация производства, расширение ассортимента и увеличение объема выпускаемой продукции, улучшение ее качества.

Современная экономика как внешняя среда, подвергающаяся анализу, за последние четыре года, претерпела кардинальные изменения, которые необходимо учитывать при анализе и выборе рациональной стратегии предприятия. В условиях девальвации национальной валюты, инвестиционной изоляции, санкционного режима и политической напряженности, российская экономика испытывает множество негативных последствий в виде: падения инвестиционной привлекательности российских предприятий, закрытие многих филиалов иностранных компаний, банкротство российских, повышение уровня безработицы, снижение доходов населения, снижение деловой активности [1].

Эти факторы вынудили российские компании подстраиваться под сложившуюся ситуацию – оптимизировать ценовую политику, диверсифицировать рынки сбыта, сокращать инвестиционные программы, включаться в программы государственного финансирования. Некоторые отрасли российской экономики показали положительную динамику по результатам уже первого кризисного года.

Произошел новый виток в развитии сельского хозяйства России. Как следует из национального доклада о ходе и результатах реализации в 2015 году «Государственной программы развития сельского хозяйства ...», по итогам 2015 года общее финансовое положение сельхозпроизводителей улучшилось. По предварительным данным Росстата, в 2015 году рентабельность сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий) составила 22,3%,

что в 1,6 раза выше целевого показателя (13%). Без учета субсидий достигнута рентабельность 10,9% против 6,3% в 2014 году (Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2015 году Государственной программы развития сельского хозяйства).

В 2015 году прибыль до налогообложения (с учетом субсидий) составила 345,3 млрд. руб., что на 34% выше уровня 2014 года. При этом доля прибыльных хозяйств в общей численности сельскохозяйственных организаций составила 87,6%, что на 7,2% выше предшествующего года при сокращении их общего количества [6].

Помимо сельского хозяйства положительную динамику демонстрирует и сектор оборонно-промышленного комплекса.

Объем экспорта из России продукции военного назначения составил в 2015 году 14,5 млрд. долларов. В 2015 году заключены новые контракты на сумму более 26 млрд. долларов. Портфель экспортных заказов в конце 2015 года составил рекордную сумму — 56 млрд. долларов [7]. Доходы от оборонной промышленности значительно увеличились после начала успешной российской операции в Сирии, в которой участвовали соединения воздушно-космических сил и военно-морского флота РФ [8].

Обороты набирает фармацевтическая отрасль — только за 2015-2016 годов производство лекарств и изделий медицинского назначения выросло на 9% по сравнению с 2014 годом.

Внутренний поток туристов увеличился на 35% в 2016 году по сравнению с 2013 годом. В космической отрасли «стали быстрее внедряться новые технические решения...».

Девальвация рубля значительно увеличила и рентабельность предприятий угольной отрасли России. В результате выросла их конкурентоспособность на мировом угольном рынке, при этом стратегия развития экспорта угольной промышленности в России направлена на восток [10].

Помимо этого, на восток направлено много векторов, например взаимодействие и координация в рамках «Группы двадцати» (G20), Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС), БРИКС и других многосторонних механизмов. В нынешних условиях Китай становится главным партнером и союзником России как в военно-политическом, так и в экономическом плане. Прямые нефинансовые инвестиции Китая в Россию в общей сложности превысили 10 млрд. \$. В рамках Комиссии по инвестиционному сотрудничеству определены 66 приоритетных совместных проектов на общую сумму 90 млрд. \$ [9].

Однако, к сожалению, позитивные изменения в экономике России в основном не носят качественного характера. Как показал кризис 2008-2009 годов, а затем и затянувшийся валютный кризис 2014 года, при ухудшении экономической ситуации в мире, экономика России не выдерживает давления.

При всей важности оперативного антикризисного реагирования ключевым направлением работы Правительства России должна быть реализация структурных мер, направленных на диверсификацию экономики и создание условий для выхода на траекторию устойчивого экономического роста в среднесрочной перспективе.

Именно сейчас в период действия санкций российским предприятиям необходимо при выборе долгосрочной стратегии учесть ошибки и опыт западных партнеров, максимально использовать возможность работы на внутреннем рынке в условиях отсутствия зарубежных конкурентов, диверсифицировать производство с учетом новых требований потребителя, своевременно внедрять новые технологии, осуществить модернизацию устаревших фондов и укрепить свои позиции на внутреннем и мировом рынке настолько, чтобы после снятия санкций в краткосрочной перспективе российский продукт остался конкурентоспособным даже при избытке качественного импортного продукта.

При разработке долгосрочной стратегии необходимо учитывать вопросы интеграции России в мировое пространство, повышения конкурентоспособности российских предприятий на международных рынках, что обеспечит преодоление изоляционизма российской экономики и открытость мировому рынку.

Устранению негативных экономических последствий будет способствовать рост промышленного производства в РФ, который возможен именно на основе рационального выбора стратегии с опорой на тщательный анализ всех аспектов современной экономики РФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аганебян, А.Г. Шесть шагов, необходимых для возобновления социально-экономического роста и преодоления стагнации, рецессии и стагфляции // -Деньги и кредит. -2015. -№2. -С. 7-15.
- 2 Томпсон-мл., А.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа/ А.А. Томпсон-мл., А.Дж. Стрикленд

III. 12-е издание: Пер. с англ. -М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. -928 с.

3 Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008. 1662-р;

4 Гужва, Е.Г. Мировая экономика: учебное пособие / Е.Г. Гужва, М.И. Лесная, А.В. Кондратьев, А.Н. Егоров. –СПб.: СПб гос. архит.-строит. ун-т, 2009. -116 с.

5 Официальный сайт импортозамещения в России: цели на 2016-2020. –Режим доступа: <http://zimport.ru/cel-proekta/>. - 05.11.2016.

6 Ключевые показатели сельского хозяйства с 2015 г. –Режим доступа: <http://bujet.ru/article/298866.php>. -06.11.2016.

7 Оборонно-промышленный комплекс: некоторые важные результаты и показатели 2015 г.: -Режим доступа: <http://government.ru/info/22714/>. -06.11.2016.

8 Из России с поддержкой. Как российские военные помогли бороться с террористами в Сирии. –Режим доступа: <http://tass.ru/spec/syria>. -06.11.2016.

9 Гусман, М. У нас самые широкие общие интересы. – Режим доступа: <https://rg.ru/2016/11/06/premer-gossoveta-knr-likecian-u-nas-s-rossiej-shirokie-obshchie-interesy.html>. -06.11.2016.

10 Кризисом будет прирастать: Какие отрасли выиграли от общего спада экономики в России. –Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2015/04/13/analitics/>. -04.11.2016.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *стратегический анализ, экономика, пути развития, принятие управленческих решений*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Виниченко Виктория Александровна, канд. экон. наук, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДОВ НА ТОПЛИВО**

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

**К.В. Ятчук**

### **THE MODELING OF THE RISKS IN THE ACTIVITY OF A TRANSPORT ENTERPRISE AS AN ESSENTIAL COMPONENT OF THE PLANNING OF FUEL COSTS**

**Siberian state university of water transport**

**K.V. Yatchuk**

The activities of the shipping company, as usual, is influenced by various types of risks, the consolidated impact of which can lead to negative consequences. Consequently, there arises a problem of risk assessment and adjustment of the results of forecast of operating costs of shipping companies at all stages of planning. Ontological model of risks in the activities of the shipping company is constructed. This model allows to reduce the uncertainty level and to choose the security policy of the shipping company against the risk.

*Keywords: risk, uncertainty, cost of fuel, ontological model, cognitive model, the shipping company*

Деятельность судоходной компании по обыкновению склонна к влиянию комплекса разных видов рисков, консолидированное влияние которых может привести к негативным последствиям. Следовательно, возникает задача оценки степени риска и корректировка результатов прогноза эксплуатационных расходов судоходной компании на всех стадиях (этапах) планирования. Построена онтологическая модель рисков в деятельности судоходной компании. Данная модель позволяет снизить уровень неопределенности и выбрать стратегии защиты судоходной компании от риска.

Риск, будучи неотделимой частью экономической, политической и социальной жизни общества неизбежно сопровождает все сферы деятельности и направления любой организации, которая функционирует в условиях рынка. Риск, который связан с планированием в судоходной компании, непосредственно зависит от эффективности, обоснованности и своевременности управленческих решений.

Деятельность судоходной компании по обыкновению склонна к влиянию комплекса разных видов рисков, консолидированное влияние которых может привести к негативным последствиям. Следовательно, возникает задача оценки степени риска и корректировка результатов прогноза эксплуатационных расходов судоходной компании на всех стадиях (этапах) планирования.

Процесс управления рисками предусматривает осуществление определенных шагов, в частности:

- выявление факторов риска, построение модели рисков;
- выбор методов управления рисками;
- применение методов;
- оценка результатов управления рисками.

Анализ работ ряда экономистов позволил выделить доминирование двух подходов к

сравнению категорий:

- «риск» и «неопределенность» являются тождественными понятиями;
- размежевание понятий «риск» и «неопределенность».

По мнению автора, «риск» и «неопределенность» не являются тождественными понятиями, однако они тесно взаимосвязаны между собой. Состояние риска возникает в случае неопределенности ситуации, то есть риск – это вероятность недополучения намеченного результата в рамках неопределенности, которая не дает возможность субъекту полностью быть уверенному в положительном ходе событий. Решение проблемы управления риском направлено на преодоление (снижение) неопределенности.

Построим онтологическую модель рисков в деятельности судоходной компании (рисунок 1).

Онтологическая модель риска необходима для лица, принимающего решения, так как данная модель позволяет снизить уровень неопределенности и выбрать стратегии защиты судоходной компании от риска. Основываясь на исследованиях [3-5], выделим такие стратегии защиты судоходной компании от рисков (рисунок 1):

- снижение риска вследствие изменения условий, при которых риск может быть реализован в виде угрозы;
- ликвидации источника риска путем изменения порядка планирования;
- внесение в планы корректировочные элементы (показатели), которые учитывают риск.

Онтологическая модель выделяет риски в деятельности судоходной компании как явление в целом и общие механизмы защиты от них. Однако, для выделения факторов риска необходимо построить когнитивную модель (рисунок 2).

Для построения когнитивной модели рисков необходимо определить:

- классификацию рисков;
- факторы риска;
- взаимное влияние факторов для выделения наиболее значимых рисков.

В случае предметной области планирования эксплуатационных затрат на топливо в судоходной компании, все риски по месту их возникновения разделим на две большие категории: риски внешней среды; риски внутренней среды компании.

К рискам внешней среды компании следует отнести: риски развития рынка; риски конкуренции; инфляционные риски; политические и глобальные экономические риски; форс-мажорные риски (климатические изменения, стихии, войны и т.п.).

К рискам внутренней среды судоходной компании в процессе построения модели, отнесем: ошибки планирования и прогнозирования результатов деятельности; производственный риск; технический риск; риски менеджмента и компетенций персонала.

С позиции управления рисками для судоходной компании все риски можно разделить на:

- структурный риск, который характерен всей отрасли и всем соответствующим рынкам;
- региональный риск, который характерен всем предприятиям заданного региона и определяется условиями ведения бизнеса в данном регионе;
- риски предприятия, которые обуславливаются непосредственно спецификой работы предприятия.

Далее в соответствии с темой диссертационного исследования, выделим факторы риска, которые влияют на эксплуатационные расходы судоходной компании:

- падение экономики страны и уменьшение объемов перевозок;
- рост инфляции;
- рост налоговой нагрузки;
- снижение технической готовности судов;
- ошибки планирования расходов в компании;
- риски несвоевременности поставок расходных материалов и топлива;
- риски некомпетентности сотрудников (персонала) компании.

В данном контексте следует выделить тот факт, что риск не существует сам по себе, а рассматривается в разрезе влияния на показатели деятельности судоходной компании. Используя подходы, рассмотренные в [8, 9], автором была разработана когнитивная модель рисков в деятельности судоходной компании.

На рисунке 2 дана такая интерпретация концептов когнитивной модели: K1-падение экономики страны (рецессия); K2-рост инфляции; K3-снижение объемов производства; K4-снижение объемов перевозок; K5-рост цен на топливо; K6-неопределенность в планирова-

нии эксплуатационных расходов; K7-ухудшение финансового положения компании K8-снижение технической готовности основных средств компании; K9-снижение уровня компетентности сотрудников; K10-несвоевременность поставок топлива.

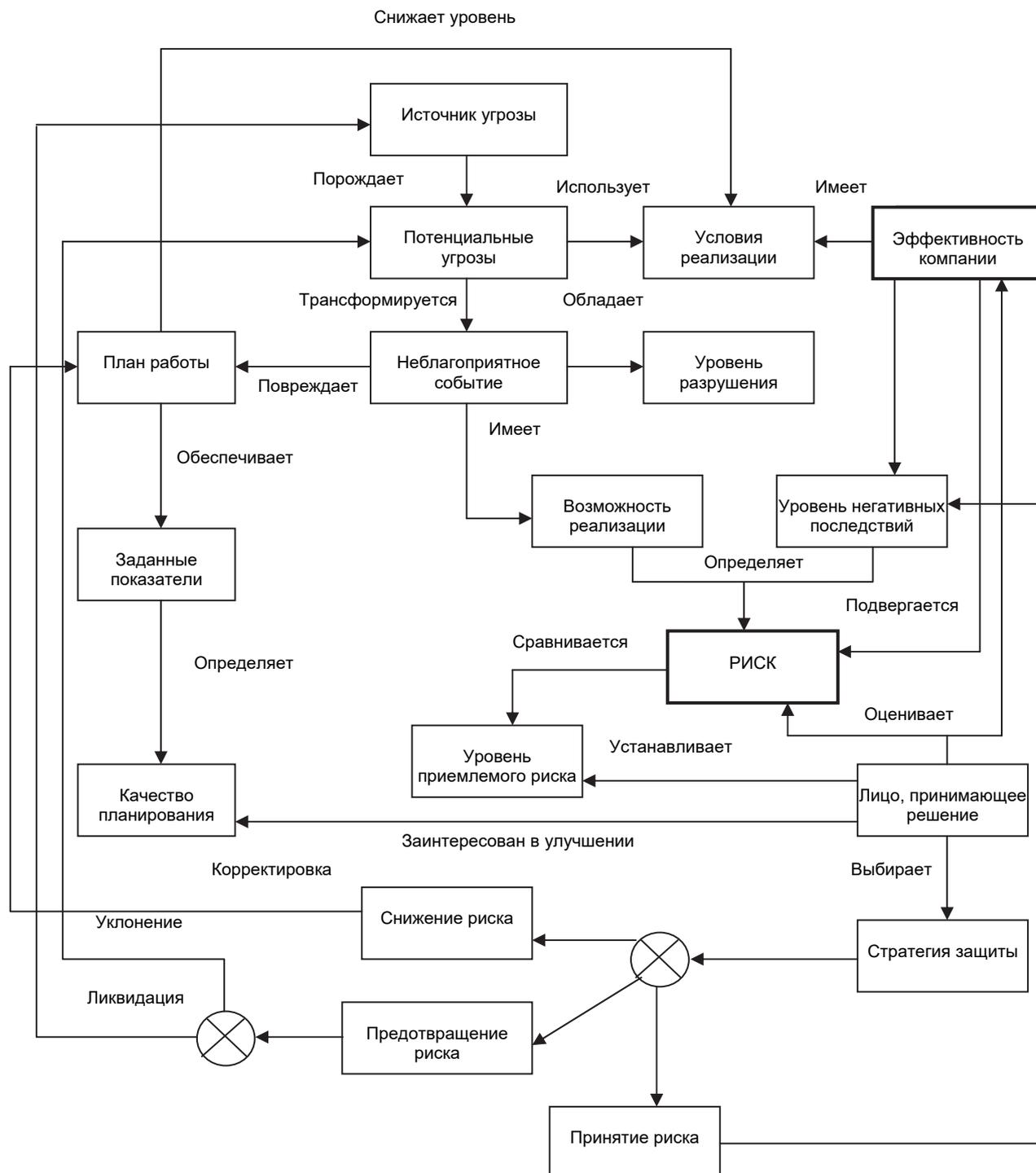


Рисунок 1 - Онтологическая модель рисков в судоходной компании

Одним из наиболее важных рисков в деятельности судоходной компании является риск планирования эксплуатационных расходов, так как практически все риски, в конечном итоге, отражаются на расходах.

Традиционно для оценки и снижения риска в деятельности компании может быть применен ряд методов:

- статистический метод;
- аналитический метод;
- метод аналогий;
- сценарный метод;



торый предусматривает проведение экспертного опрашивания в несколько туров, в течение которых каждый из экспертов предоставляет оценку исследуемому явлению. После обработки результатов опроса с ними знакомятся все эксперты. Обработка полученной от экспертов информации предусматривает расположение всех оценок в порядке их уменьшения и определение медианы и квартилей, которые разбивают их на четыре интервала. Эксперты, чьи оценки попадают в крайние интервалы, должны обосновать свою точку зрения.

При использовании метода экспертных оценок могут возникнуть погрешности, которые связаны с:

- недостатком информации об исследуемом объекте;
- недостаточной компетентностью экспертов;
- заинтересованностью экспертов в результатах экспертизы.

Указанные погрешности можно устранить с помощью правильной организации экспертной процедуры, построения модели подбора (выбора) экспертов.

Построение модели выбора экспертов связано со следующими проблемами: определение численности экспертов; отбор экспертов; определение рейтинга экспертов (при необходимости).

В судходной компании приемлемым является подход к формированию группы экспертов, который базируется на следующем принципе – количество специалистов должно отвечать количеству проблем, которые рассматриваются. Данный подход ведет к формированию группы экспертов, в которой каждый эксперт отвечает за одну задачу, которая решается. Количество экспертов соответствует количеству рисков планирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абчук, В.А. Экспертные методы в менеджменте / В.А. Абчук, А.Ф. Борисов, А.В. Воронцов -М.: Росток, 2012. -480 с.
- 2 Андрейчиков, А.В. Математические, эвристические и экспертные методы принятия решений / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. -М.: Либроком, 2013. -306 с.
- 3 Згуровский, М.З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова -Киев: Думка, 2005. -743 с.
- 4 Золотарева, Г.И. Контроль себестоимости продукции в условиях инновационной деятельности / Г.И. Золотарева, М.В. Полубекова // -Вестн. Сиб. гос. аэрокосм. унив. им. акад. М.Ф. Решетнева. -2009. -№1. -С. 176 -181.
- 5 Зуб, А.Т. Стратегическое планирование. Системный подход / А.Т. Зуб, М.В. Лактионов -М.: Генезис, 2011. -848 с.
- 6 Литвак, Б.Г. Экспертные технологии в управлении / Б.Г. Литвак. -М.: Дело, 2004. -400 с.
- 7 Овсянников, М.К. Дизели в пропульсивном комплексе морских судов: справочник / М.К. Овсянников, В.А. Петухов. -Л.: Судостроение, 1987. -256 с.
- 8 Хаустова, В.Е. Когнитивные модели. Принципы построения и применение / В.Е. Хаустова // -Бизнес информ. -2012. -№1(4). -С. 76-83.
- 9 Хаустова, В.Е. Сущность когнитивного моделирования и особенности его применения в современных исследованиях / В.Е. Хаустова, В.А. Зинченко, Т.А. Мощицкая // -Бизнес информ. -2009. -№12(2). -С. 200-203.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *риск, неопределенность, расходы на топливо, онтологическая модель, когнитивная модель, судходная компания*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Ятчук Кристина Васильевна, аспирант, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ СИБИРИ**

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

**А.В. Бабаев**

**NECESSITY OF THE MECHANISM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP ON INLAND WATERWAYS OF SIBERIA**

**Siberian state university of water transport**

**A.V. Babaev**

It presents the importance of public-private partnership for the development of water transport of the Siberian region.

*Keywords: public-private partnership, development, problems, solutions, water transport, transportation, river*

Представлена значимость применения механизмов государственно-частного партнерства для развития водного транспорта Сибирского региона.

Сибирский федеральный округ является одним из крупнейших федеральных округов Российской Федерации, обладающих колоссальным природно-ресурсным, рекреационным, промышленным и научно-образовательным потенциалом. Крупные сибирские реки, также

являющиеся водными путями, и озеро Байкал становятся стратегическим ресурсом планетарного масштаба.

Значительные потребности в перевозках водным транспортом в Сибири, где транспортная сеть недостаточно развита, сдерживаются негативными тенденциями в состоянии инфраструктуры речного транспорта. Из-за недостатка бюджетного финансирования уменьшаются гарантированные габариты, участки водных путей переводятся в низший разряд по категории содержания судоходной обстановки – неосвещаемой или без обстановки, техническое состояние причальных стенок находится в неудовлетворительном состоянии.

Так, например, в последнее время все большую популярность приобретают интермодальные (смешанные) перевозки. Интермодальные перевозки – это смешанные перевозки «от двери до двери», подготавливаемые и выполняемые под единым руководством одного центра. Их суть заключается в единстве всех звеньев транспортно-технологической цепи, обеспечивающей доставку грузов во все концы земного шара с использованием сквозного тарифа по единому транспортному документу под управлением единого оператора [2]. И если говорить о водном транспорте как участнике интермодального вида перевозок, то накопившийся «груз» проблем и обстоятельств, отягощающий конкурентоспособность водного транспорта, безусловно, отставляет его на задний план на ряду с автомобильным и железнодорожным видами транспорта [1].

Большинство предприятий речного транспорта в сибирском регионе последние 25 лет имеют низкую рентабельность, и находятся на грани выживания. Водные пути по ряду причин, включая маловодность, постепенно деградируют, и даже тот флот, который еще имеется, невозможно эксплуатировать с полной загрузкой. Флот с каждым годом стареет, средний возраст судов подходит к 40 годам. Для наглядности приведем следующее сравнение – весной 2016 года в навигацию вышли около 9000 грузовых судов, 150 пассажирских теплоходов, а в Советском Союзе на реки в навигацию вышло бы 35000 грузовых речных судов, более 20000 барж и других самоходных судов, 400 пассажирских теплоходов. Перегрузочная техника в течение 20-25 лет не обновлялась. По финансовым результатам своей деятельности предприятия не могут обеспечить замену порталных кранов, плавучей техники, и не в состоянии осуществлять необходимую реконструкцию причалов и складских площадей [3].

Если говорить о стимулировании частных предпринимателей к содержанию водных путей, то оно не получило сколь либо широкого применения. В отдельных случаях для обеспечения пассажирских перевозок региональным властям удается привлечь частных предпринимателей для поддержания подходов к пассажирским причалам и разработке судоходных прорезей для обеспечения северного завоза.

Нормой в регионах Сибири стала разработка региональных программ развития транспорта, каждая из которых имеет свои направления и приоритеты, зачастую не связанные с федеральной стратегией. К сожалению и региональные программы предусматривают, как правило, только бюджетное финансирование [4].

Такой подход не позволяет изменить ситуацию, и потенциал внутреннего водного транспорта остается не использованным. Существуют реальные предпосылки увеличения перевозок, снижения себестоимости и создания условий для привлечения бизнеса к инвестированию в улучшение судоходных условий на основе государственно-частного партнерства.

На наш взгляд требуется определить узкие места для эффективного продвижения государственно-частного партнерства на водном транспорте. Реализованным примером можно привести подходной канал к порту «Сабетта», финансируемым государством, который, образно говоря, проложил путь частным инвестициям в причальную инфраструктуру.

Размер подходных каналов к пассажирским причалам на реках Сибири не может сравниться с каналом к порту «Сабетта» и их сооружение и поддержание – это обеспечение мобильности населения и одно из условий экономического развития региона.

Острая проблема перевозки пассажиров по рекам в условиях отсутствия альтернативных видов транспорта решается на местах следующими способами:

– предоставление субсидий на покрытие убытков от пассажирских перевозок за счет региональных и муниципальных бюджетов;

– приобретение флота за счет бюджета. Приобретены за счет региональных бюджетов скоростные пассажирские суда: теплоход А45 (150 чел., скорость 70 км/ч) работает на Лене, четыре А45-1 (50 чел., скорость 70 км/ч) – на Енисее, два А145 (150 чел., скорость 70 км/ч) – в Ямало-Ненецком автономном округе;

– обустройство причалов и обеспечение к ним подходов [3].

Однако такой ограниченный перечень взаимодействия является недостаточным для создания современных хозяйственных связей. Очевидно, что механизм государственно-частного партнерства предоставляет широкие возможности для вовлечения в хозяйственный оборот дополнительных ресурсов в виде денежных средств, ценных бумаг, земельных участков, объектов недвижимости, а также в форме иных имущественных прав и договорных обязательств.

Примеры государственно-частного партнерства есть на всех видах транспорта, хоть на речном транспорте он пока и не получил должного развития, но положительный опыт все же имеется.

Механизм государственно-частного партнерства на речном транспорте был апробирован в Алтайском крае в 2015 году. Ранее производители щебня использовали для его доставки большегрузные самосвалы, по трассе параллельной реке и ежегодно автодорога требовала значительного ремонта. Администрация Алтайского края, ФБУ «Администрация Обского бассейна ВВП» и краевые предприятия речной и добывающей отраслей подписали соглашение о сотрудничестве. На проведение дноуглубительных работ и приведение водных путей на реках края в нормативное состояние направили 28 млн. руб. из федерального и краевого бюджетов, а также средств предпринимателей. В 2015 году для возрождения речных перевозок провели дноуглубительные работы в объеме 700 тыс. м<sup>3</sup>. Срок текущей навигации составил 180 суток вместо 160 в прошлом году. Все это позволило производителям инертных материалов поставить потребителям порядка 180 тыс. т грузов водным транспортом, что на 20% больше плана, обозначенного соглашением. Спрос на транспортировку по реке существует, и уже в навигацию 2016 года объемы отгрузки планируется увеличить [4].

Пример государственно-частного партнерства в Алтайском крае показал свои положительные результаты уже в первый год реализации проекта. Важно отметить, что этот опыт оказался эффективным для всех взаимодействующих сторон, что наглядно демонстрирует дальнейшую потребность развития речного транспорта, а также вносит оптимистическую ноту, в сложившейся ситуации на сегодняшний день. Подобный вид государственно-частного партнерства в нашей стране реализуется впервые и его применение должно быть расширено.

На Заседании Общественного совета Обского речного бассейна в Новосибирске обсуждалось текущее состояние водного транспорта, итоги 2016 года и перспективы его развития на 2017 год – «8 декабря 2016 года в Новосибирске заместитель руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта В. Вовк принял участие в совместном заседании Общественного совета Обского речного бассейна. Были рассмотрены итоги работы в навигацию 2016 года по обеспечению судоходных условий и безопасности судоходства, вопросы перевозки грузов и пассажиров, прогноз объемов перевозок на 2017 год. Особое внимание уделено рассмотрению предложений по развитию внутренних водных путей Обского бассейна и возможности улучшения их качественных характеристик с целью увеличения грузо- и пассажиропотоков. Предполагается, что реализация планируемых мероприятий позволит дополнительно увеличить объемы перевозки грузов в бассейне ориентировочно на 800 тыс. т» [5].

В законопроекте 929004-6 «О внесении изменений в Кодекс внутреннего водного транспорта» предусмотрена новая категория водных путей – регионального значения. Полагаем, что финансирование содержания региональных водных путей, учитывая дефицит региональных бюджетов, может быть проблематичным. Однако именно разветвленная сеть региональных транспортных путей позволяет доставить груз и пассажиров непосредственно в место назначения.

Таким образом, отработка механизмов государственно-частного партнерства должна стать одним из основных направлений для создания эффективной воднотранспортной системы в районах Сибири с недостаточно развитой транспортной сетью и значительной востребованностью в транспортных услугах.

Следует напомнить, что исторически речной транспорт занимает одно из ведущих мест в обслуживании крупных промышленных центров приречных районов.

И в данном случае, государственно-частное партнерство – надо полагать сложный и одновременно эффективный процесс, который позволит водному транспорту реализовать свой потенциал и укрепить позиции в составе транспортной системы России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Руйга, И.Р. Современные тенденции в развитии государственно-частного партнерства в Сибирском федеральном округе / И.Р. Руйга. -Режим доступа: <http://www.be5.biz>.
- 2 Дмитриев, А.В. Интермодальные технологии в логистике транспортно-экспедиторских услуг / А.В. Дмитриев // - Российское предпринимательство. -2015. -№5.
- 3 Все о транспорте. -Режим доступа: <http://transport-book.ru>.
- 4 Масленников, С.Н. Государственно-частное партнерство как экономический механизм реализации стратегии развития речного транспорта Сибири / С.Н. Масленников // -Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2008. -№1. -С. 11-15.
- 5 Морские вести России. -Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/detail.php?ID=59953>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *государственно-частное партнерство, развитие, проблемы, решения, водный транспорт, перевозки, река*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Бабаев Акшин Вакиль оглы, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **РОЛЬ КЛЮЧЕВОЙ СТАВКИ БАНКА РОССИИ В РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕМПОВ ИНФЛЯЦИИ**

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

**Р.А. Семенова**

**THE ROLE OF THE BANK OF RUSSIA KEY RATE TO REGULATE INFLATION**  
Siberian state university of water transport  
R.A. Semenova

The mechanism of the impact of the key rate on inflation.

*Keywords: rate of inflation, key rate, interest rate, economic growth*

Рассматривается механизм воздействия ключевой ставки на инфляционные процессы.

Проводником официальной денежно-кредитной политики выступает Центральный банк как ключевое звено финансово-кредитной системы государства. В соответствии с федеральным законом «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)» Банк России ежегодно разрабатывает «Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики» [1]. Данный документ содержит анализ современного состояния экономики страны и прогноз развития на предстоящие 3 года. Планируемая величина целевых показателей, применяемые для их достижения методы и инструменты денежно-кредитной политики определяются для нескольких возможных вариантов экономической ситуации.

В федеральном законе «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)» указано, что одной из целей деятельности Банка России является защита и обеспечение устойчивости рубля [1]. Решение данных задач осуществляется посредством поддержания ценовой стабильности, в том числе для формирования условий сбалансированного и устойчивого экономического роста. Обеспечение устойчивости рубля означает сохранение покупательной способности национальной валюты. При этом курс рубля не фиксируется по отношению к другим валютам. Обеспечение ценовой константности возможно только при достижении и поддержании низкой устойчивой инфляции.

При этом необходимо не допустить противоположного явления – дефляцию, которая, так же как и инфляция приводит к снижению темпов экономического роста.

Банк России планирует снизить инфляцию в 2017 году до 4% и в дальнейшем поддерживать ее на данном уровне [2].

Для достижения заданной цели Банк России использует различные инструменты воздействия на цену денег в экономике. Основным инструментом воздействия является регулирование величины ключевой ставки. Ключевая ставка соответствует минимальной процентной ставке на аукционах РЕПО Банка России на срок 1 неделя и максимальной процентной ставке на депозитных аукционах Банка России на срок 1 неделя. Величина данной ставки устанавливается на Совете директоров Центрального банка РФ.

Воздействие величины ключевой ставки на инфляцию представляет процесс постепенного распространения импульса на реальный сектор экономики. Что неизбежно отражается на величине инфляции.

Изменение величины ключевой ставки передается в экономику по разным направле-

ниями и рынкам.

В первую очередь изменение величины ключевой ставки влияет на процентные ставки депозитно-кредитных сделок сроком на 1 день.

Изменение краткосрочных ставок провоцирует изменение среднесрочных ставок, а в дальнейшем и долгосрочных ставок.

Через определенный период времени происходит реакция на данные изменения ставок по кредитным и депозитным операциям коммерческих банков. Характерным является более активное и быстрое снижение банками депозитных ставок по сравнению с кредитными, если ставки финансового рынка снижаются. Если ставки денежного рынка увеличиваются, коммерческие банки в первую очередь увеличивают кредитные ставки.

Это приводит к изменению условий, при которых экономические субъекты принимаются решения о накоплении, потреблении, инвестировании. Данные решения оказывают влияние на динамику цен в экономике.

Снижение процентных ставок приводит к росту кредитования, потребления, инвестиций, но возникают риски стимулирования инфляции, и ее роста.

Изменение величины ключевой ставки так же влияет на изменение других финансовых показателей. Причем эти влияния могут быть разнонаправленными. При повышении ключевой ставки привлекательность вложений в национальной валюте возрастает, что приводит к укреплению рубля. Но это может вызвать негативные явления на других рынках. Так, повышение ключевой ставки способствует росту стоимости кредитов и, соответственно снижает активность на финансовом рынке и рынке недвижимости.

При определении величины долгосрочных процентных ставок всегда учитываются инфляционные ожидания. При снижении темпов инфляции и инфляционных ожиданий, соответственно, будут снижаться и долгосрочные ставки по кредитам. Это будет способствовать развитию экономики, и обеспечивать экономический рост.

Данные о величине ставки рефинансирования и темпов инфляции приведены в таблице 1 [2, 3].

*Таблица 1 – Годовой темп инфляции и ставка рефинансирования*

Год	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Темп инфляции годовой, %	160,4	2508,8	840,0	214,8	131,6	21,8
Ставка рефинансирования, %	25,00	80,00	210,00	180,00	160,00	48,00
Год	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Темп инфляции годовой, %	11,0	84,5	36,6	20,1	18,8	15,1
Ставка рефинансирования, %	28,00	60,00	55,00	25,00	25,00	21,00
Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Темп инфляции годовой, %	12,0	11,8	10,9	9,0	11,9	13,3
Ставка рефинансирования, %	16,00	13,00	12,00	11,00	10,00	13,00
Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Темп инфляции годовой, %	8,8	8,8	6,1	6,6	6,5	11,4
Ставка рефинансирования, %	8,75	7,75	8,00	8,25	8,25	8,25

Влияние изменения величины ключевой ставки на основе вышеизложенной последовательности воздействия проявляется в экономике не сразу, а в течение определенного периода. По данным Центрального банка данный период может составлять до двух лет. В наибольшей степени эффект проявляется через год-полтора. Поэтому принимая решения об изменении величины ключевой ставки, Банк России ориентируется на среднесрочный прогноз макроэкономического развития.

При принятии решения об изменении величины ключевой ставки Банк России учитывает несколько факторов. Разрабатываются различные варианты развития экономики. Анализируются возможные варианты снижения темпов инфляции при изменении величины ключевой ставки. Анализируется так же влияние данных показателей на финансовую стабильность. И принимается наиболее оптимальный вариант. Если текущее отклонение цен будет погашено в среднесрочной перспективе и инфляция достигнет целевого уровня без принятия корректирующих действий, то регулятор не принимает решений об изменении величины ключевой ставки.

Если прогнозируется продолжительное устойчивое увеличение или снижение темпов инфляции, то Банк России решает вопрос стабилизации и снижения негативных процессов,

## К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА И ФИНАНСОВ СГУВТ

изменяя величину ключевой ставки. Это позволяет устранить резкое изменение финансовых и ценовых показателей и, соответственно, снизить риски в экономике.

Динамика изменения месячных темпов инфляции  $T_m$ , темпов инфляции за месяц в годовом исчислении  $T_r$  и ключевой ставки  $K$  представлены в таблице 2 [2,3].

Таблица 2 – Месячный темп инфляции и ключевая ставка в процентах

Месяц	2013 год			2014 год		
	$T_m$	$T_r$	$K$	$T_m$	$T_r$	$K$
Январь	0,97	7,07	х	0,59	6,05	5,5
Февраль	0,56	7,28	х	0,70	6,20	5,5
Март	0,34	7,02	х	1,02	6,92	7,0
Апрель	0,51	7,23	х	0,90	7,33	7,0
Май	0,66	7,38	х	0,90	7,59	7,5
Июнь	0,42	6,88	х	0,62	7,80	7,5
Июль	0,82	6,45	х	0,49	7,45	7,5
Август	0,14	6,49	х	0,24	7,56	8,0
Сентябрь	0,21	6,13	5,5	0,65	8,03	8,0
Октябрь	0,57	6,25	5,5	0,82	8,30	8,0
Ноябрь	0,56	6,48	5,5	1,28	9,07	9,5
Декабрь	0,51	6,45	5,5	2,62	11,36	17,0
	2015 год			2016 год		
Январь	3,85	14,97	17,0	0,96	9,77	11,0
Февраль	2,22	16,71	15,0	0,63	8,06	11,0
Март	1,21	16,93	14,0	0,46	7,26	11,0
Апрель	0,46	16,42	14,0	0,44	7,24	11,0
Май	0,35	15,78	12,5	0,41	7,30	11,0
Июнь	0,19	15,29	11,5	0,36	7,48	10,5
Июль	0,80	15,64	11,5	0,54	7,21	10,5
Август	0,35	15,77	11,0	0,01	6,84	10,5
Сентябрь	0,57	15,68	11,0	0,17	6,42	10,0
Октябрь	0,74	15,59	11,0	0,43	6,09	10,0
Ноябрь	0,75	14,98	11,0	х	х	х
Декабрь	0,77	12,91	11,0	х	х	х

Проводя гибкую политику относительно изменения ключевой ставки, Банк России имеет возможность воздействовать на рыночные ставки и достигать заданного уровня инфляции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)». [Федеральный закон от 10.07.2002 №86-ФЗ (ред.03.07.2016)]. -Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901822004>. -02.11.2016.
- 2 Центральный Банк Российской Федерации. -Режим доступа: <http://www.cbr.ru>. -15.11.2016.
- 3 Федеральная служба государственной статистики. -Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/). -15.11.2016.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** темпы инфляции, ключевая ставка, процентная ставка, экономический рост  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Семенова Римма Александровна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОЗА ГРУЗОВ НА БОКОВЫЕ РЕКИ И ПРИТОКИ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.М. Бунеев, М.Г. Синицын**

**METHODS OF ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF DELIVERY OF CARGO TO THE SIDE OF THE RIVER AND TRIBUTARIES**  
Siberian state university of water transport  
V.M. Buneev, M.G. Sinitsyn

The article deals with the evaluation of the effectiveness of the method of delivery of cargo to the side of the river and tributaries. Through this method, you can select the optimal system of the organization of delivery of cargoes. And algorithm feasibility study of the system of delivery of cargo. The main principle postoreniya the system.

*Keywords: delivery of goods, performance evaluation, system organization of delivery of goods, small river, side of the river, tributary*

Рассматривается методика оценки эффективности завоза грузов на боковые реки и притоки. Благодаря данной методике можно выбрать оптимальную систему организации завоза грузов. А так же да алгоритм экономического обоснования системы завоза груза. Рассмотрены основные принципы построения данной системы.

Авторская методика оценки эффективности завоза грузов на боковые реки и притоки базируется на общих подходах принципах оценки эффективности транспортных систем, комплексности и поэтапности исследования сложных систем. При этом учитывается особое место и значение транспорта в хозяйственном комплексе, как инфраструктурной отрасли экономики и для социальной сферы. Кроме того, нами учитываются специфические, характерные для этой категории внутренних водных путей особенности. Большинство боковых рек и притоков относятся к VI и VII классу и условно названы «малые реки». Главная их особенность состоит в том, что основным классификационным признаком является глубина судового хода и ее продолжительность во время навигации. И так под «малыми реками» понимаются внутренние водные пути с минимальными либо нормируемыми глубинами, либо не превышающими 100-120 см, вновь осваиваемые участки водных путей, а также реки, использование которых возможно только в период половодья.

«Малые реки» имеют далеко не мало важное значение для экономики страны и ее социальной сферы. Особая их роль в транспортном обеспечении отдаленных районов страны со слаборазвитой инфраструктурой. Условия здесь весьма разнообразные и сложные, что вызывает большие трудности в организации перевозок и работы флота. В 1987 году Министерство речного флота утвердило «Методические указания по отнесению внутренних водных путей к малым рекам и их судам транспортного флота для использования на этих реках». Они действуют по сегодняшнее время. В соответствии с этими указаниями в перечень малых рек включается:

– внутренние водные пути, эксплуатируемые в течение всей навигации и имеющие в меженный период величину хотя бы одного из габаритов судового хода: глубину 1,3 м и менее; ширину 30 м и менее на свободных реках и 14 м – на искусственных каналах; радиус закругления – 150 м и менее;

– внутренние водные пути, временно используемые для судоходства только в период паводка (полноводный период навигации), а также с экстремальными условиями судоходства.

Эта классификация положена в основу авторской модели организации транспортного процесса завоза грузов на боковые реки и притоки (рисунок 1). Вначале они делятся на два класса: эксплуатируемые всю навигацию с выделением полноводного и маловодного периодов; кратковременный (паводковый период).

Система организации перевозок грузов и работы флота предоставлена линейной и рейсовой формой движения флота, их сочетанием, а также эксплуатационным завозом грузов. Каждый из них имеет свою сферу применения: линейную – мощные устойчивые грузопотоки; рейсовую - освоение нестабильных мелкопартионных грузопотоков и дополняет линейную при необходимости; эксплуатационный завоз – разновидность рейсовой формы, движение каравана судов и организация временных пристаней. С учетом их и других факторов осуществляется разработки системы организации завоза грузов на конкретную реку либо приток.

При этом важным является поиск оптимальных решений использования технических средств перевозки и перегрузки грузов, выбора схем и способов перевозки грузов, рациональной организации транспортных процессов завоза грузов. Алгоритм поиска этих решений ориентирован на последовательное поэтапное рассмотрение оптимальных задач. Процедура поиска начинается с анализа условий судоходства, эксплуатации флота и его обслуживанием в портах и пунктах обработки (рисунок 2). Как правило, они осложняются ограниченными габаритами судового хода и не нормируются [2]. В естественном состоянии глубина на отдельных участках может снижаться до 40-60 см, ширина 10-12 м, радиус закругления 50-60 м. Эксплуатационный период на отдельных реках и притоках ограничен 15-20 сутками, высокий скоростной режим затрудняет прохождение таких участков водоизмещающими судами. Пункты прибытия и обработки флота чаще всего не имеют причальных сооружений, средств механизации и складов. Транспортная инфраструктура развита слабо. Отсутствует судоремонтная база, специализированная на отстое и ремонте «малого» флота.

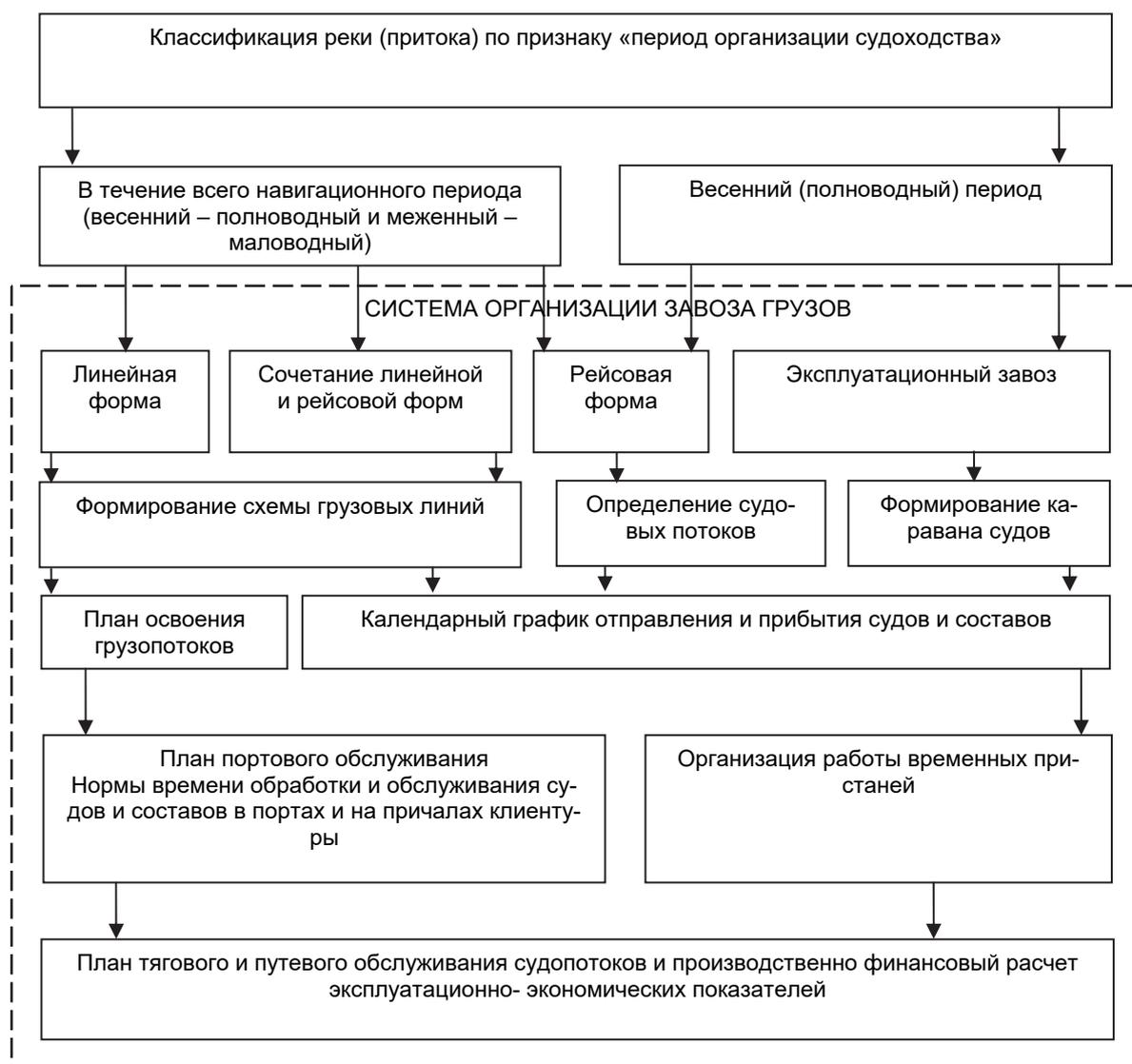


Рисунок 1 – Моделирование транспортных процессов завоза грузов в пункты реки (притоки)

Полученные на первом этапе данные, а также результаты анализа конкретных условий осуществления транспортных процессов оформляются как требования к техническим средствам перегрузки и перевозки грузов.

В дальнейшем устанавливаются возможные альтернативные схемы и способы перевозок грузов, а так же иные технические средства, соответствующие этим требованиям. Процедура поиска решения завершается расчетом эксплуатационных и экономических показателей, их анализом и выбором оптимального варианта. Однако на этом исследование проблемы оценки эффективности завоза грузов на боковые реки и притоки не завершается. Даже при получении положительного ответа на вопрос о коммерческой эффективности су-

доходной компании выполняющей грузовые перевозки.

Исходя из особенностей транспортных систем, как инфраструктуры экономики, эффективность системы завоза грузов на боковые реки и притоки осуществляется на основе следующих принципов [1]:

– степень удовлетворения потребностей государства в развитии экономики, социальной сферы и общества района (территории) тяготения;

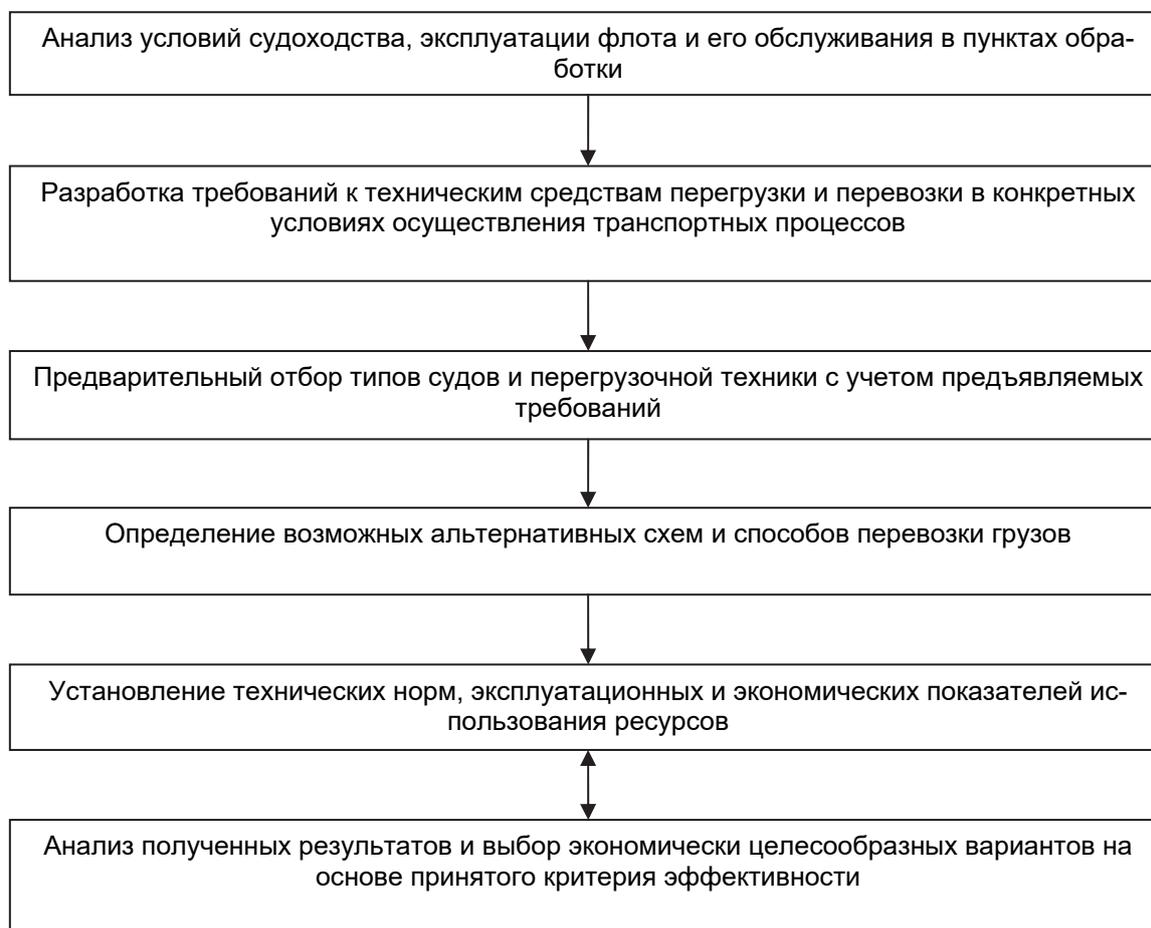


Рисунок 2 – Алгоритм экономического обоснования системы завоза грузов

– степень удовлетворения потребностей хозяйствующих субъектов при осуществлении их деятельности и ведения бизнеса, обеспечение мобильности населения и других аспектов жизни;

– последствия функционирования систем завоза, которые выражаются во внешних издержках при решении экономических, социальных и экологических задач.

Противоречия между двумя подходами к оценке эффективности системы и завозов грузов на боковые реки и притоки разрешаются неким балансом интересов. Необходимо обеспечить эффективность системы с позицией потребителей услуг на перевозки, не допуская убыточность судовладельцев и перевозчиков. Научное обоснование и комплексное решение этой проблемы может быть обеспечено при реализации разработанной авторами методики. Состав частных задач и последовательность их решения приведена на рисунке 3 и совершенно очевидно, что алгоритм экономического обеспечения системы завоза и модель организации их транспортных процессов естественным образом вписывается в методику, придавая ей эксклюзивный характер.

Первые три модуля методики посвящены изучению потребителей транспортных услуг, анализу размещения производительных сил и развитию общественного производства, установлению общих тенденций и закономерностей функционирования речного транспорта и его в обслуживании региона. В дальнейшем от изучения общих проблем предусмотрен переход к решению более конкретных применительно к определенному району тяготения бассейна реки. Определяются потребности в доставке грузов, их структуры и характеристики грузовых потоков.

Четвертый этап реализуется с помощью первого элемента модели (рисунок 2), а второй «система организации завоза грузов» завершает пятый.

Итоговая оценка эффективности системы завоза грузов в пункты реки либо притоках осуществляется исходя из ранее выше изложенных принципов и подходов к оценке эффективности транспортных систем. В связи с этим система показателей представляет собой комплекс величин всесторонне характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов на территории тяготения бассейна реки [1]. В число показателей необходимо включать характеризующую существующую социально-экономическую и бюджетную эффективность общественного производства. Таким образом, разработанная авторская методика оценки эффективности завоза грузов на боковые реки и притоки, представляют собой эксклюзивный инструментарий решения исследуемой проблемы. Научное значение представляет собой комплексность и системность исследования, в соответствии с которыми разработан перечень задач и последовательность их решения. Элементами научной новизны является: модель организации транспортных процессов и алгоритм экономического обоснования системы завоза грузов в пункты реки либо притоки.

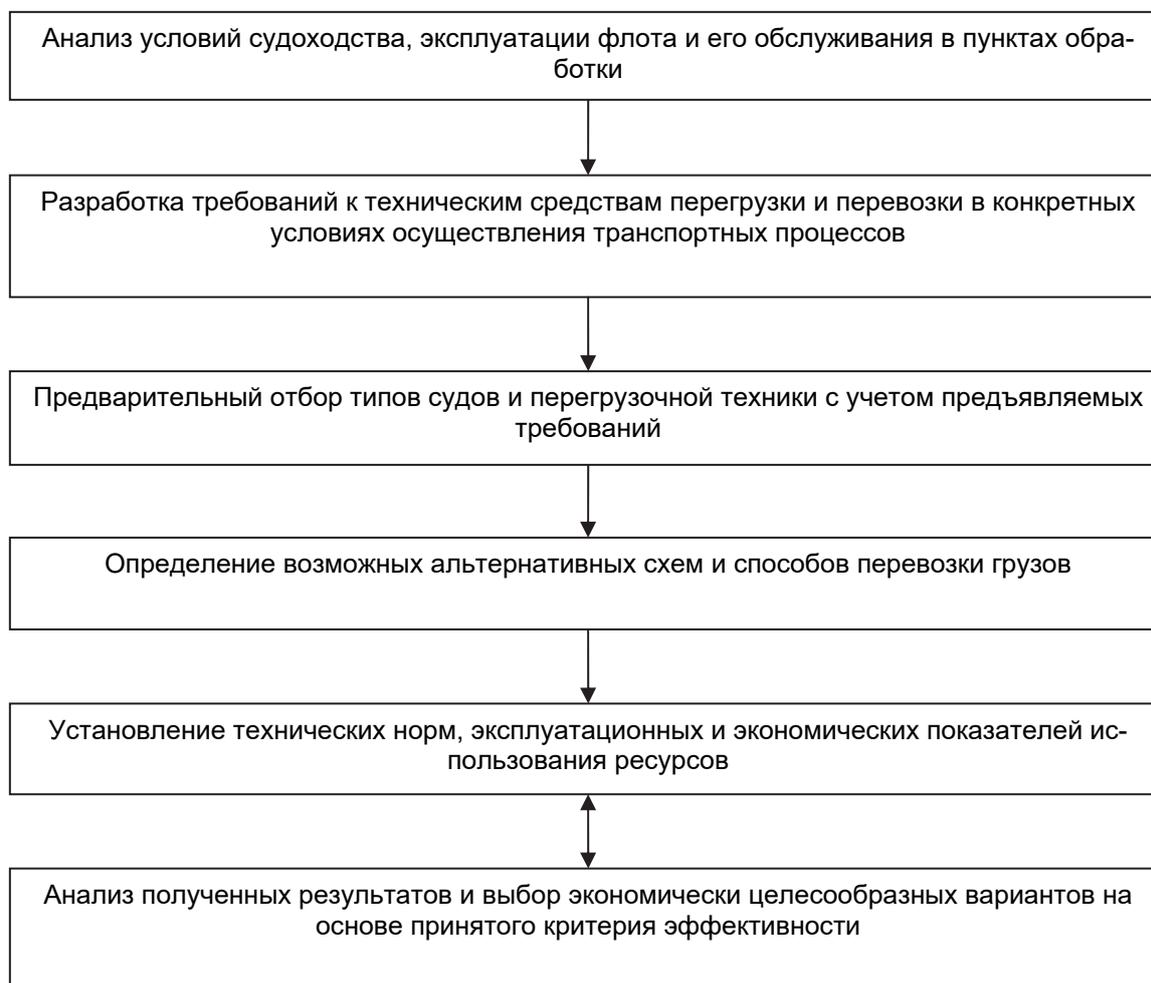


Рисунок 3 – Последовательность решения проблемы оценки эффективности системы завоза грузов в пункты реки (приток)

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бунеев, В.М. Оценка эффективности эксплуатации внутренних водных путей / В.М. Бунеев / Эффективность функционирования и развитие речного транспорта Сибири и Дальнего Востока: материалы международной научно-практической конференции 27-28 нояб. 2014 г. -Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2015. -С. 13-23.

2 Зачесов, В.П. Организация перевозок и работы флота / В.П. Зачесов, И.А. Рагулин, В.М. Бунеев. -Новосибирск: Новосибир. гос. акад. водн. трансп., 2009. -346 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** завоз грузов, оценка эффективности, система организации завоза грузов, малые реки, боковые реки, приток

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Бунеев Виктор Михайлович, докт. экон. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Синицын Михаил Геннадьевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И АНАЛИЗЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

**М.О. Северова, Е.А. Сурикова, М.А. Ромашева**

**APPLICATION OF THE PROCESS APPROACH PRINCIPLES IN THE DESIGN AND ANALYSIS OF THE COST BUDGET OF THE RAILWAY TRANSPORT ENTERPRISES**

Siberian state transport university  
M.O. Severova, E.A. Surikova, M.A. Romasheva

In conditions of cost minimization process approach becomes an effective cost management tool in the formation and analysis of the budgets of enterprises.

*Keywords: budget, production operation, process approach, detailing, standard, planning*

В условиях минимизации затрат процессный подход становится эффективным инструментом управления расходами при формировании и анализе бюджетов предприятий.

В настоящее время применение процессного подхода к управлению компанией считается одним из важнейших факторов успеха. Процессно-ориентированный подход к управлению затратами является одним из наиболее эффективных и актуальных инструментов для целей их планирования и контроля. Его отличительной особенностью является учет затрат на ресурсы, израсходованные на осуществление отдельных производственных операций, что позволяет Компании использовать наиболее обоснованные драйверы расходов и с большой степенью точности определить затраты по процессам и видам операций, а также выявить возможности по их снижению [2].

На сегодняшний день, проводимая в Компании ОАО «РЖД» структурная реформа создала условия, при которых технологический процесс остается горизонтальным, а затраты планируются и учитываются по вертикально-интегрированным филиалам. В результате возникла необходимость в создании дополнительных инструментов управления затратами. С 2014 года в компании реализуется Концепция внедрения нормативно-целевого бюджета затрат по производственным операциям.

Основной задачей рассматриваемого механизма формирования бюджетов предприятий заключается в том, чтобы добиться максимального финансового результата от перевозочных видов деятельности, попадающих под государственное регулирование тарифов, используя нормативы для определения затрат по минимально допустимому техническому и технологическому уровню. Реализация подобного механизма позволит предприятиям уйти от планирования от достигнутого, повысит качество и обоснованность плановых бюджетов, а также обеспечит дальнейшую детализацию планового бюджета затрат [4].

Для планирования затрат по различным видам деятельности в рамках нормативно-целевого бюджетирования очень важно точно определить измерители объема продукции (работ, услуг) от которых зависит величина затрат на ту или иную производственную операцию, а кроме того необходимо обеспечить возможность формирования плановых и фактических значений этих показателей в отчетности предприятий.

Еще одним исключительным условием применения данного механизма является наличие актуальной и научно-обоснованной нормативной базы, которая становится основой формирования нормативной единичной стоимости производственных операций и общей величины бюджета расходов [3].

Механизм нормативно-целевого бюджетирования вместе с тем решает и вопросы оптимизации расходов в рамках выделяемого финансирования. В данной связи предприятие решает задачу формирования оптимальной величины затрат: с одной стороны, соответствующей целевым параметрам бюджета, с другой стороны, обеспечивающей выполнение производственной программы и технологических требований безопасности движения. Это становится ключевой задачей, так как общий целевой параметр устанавливается на основании выполнения главной стратегии компании и финансовых возможностей с точки зрения полученных доходов, реализации инвестиционных программ, влияния внешних экономических факторов. В таком случае целью предприятия становится – уложиться в установленный

параметр, используя нормативный подход к формированию расходов [1].

Ниже принципы нормативно целевого бюджетирования рассмотрены на примере предприятий путевого комплекса инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Путевое хозяйство является одним из самых ключевых и значимых центров затрат компании ОАО «РЖД». Контроль этих расходов очень важен, так как они в большей своей части являются мало зависящими от объемных показателей работы, относятся к монопольным видам деятельности, а следовательно контролируются государством, кроме того их необоснованный рост негативно влияет на финансовое состояние компании. Для применения рассматриваемого механизма были выбраны ключевые статьи затрат, которые связаны с выполнением основных производственных операций рассматриваемого предприятия и для которых можно подобрать факторы издержек. В действующем классификаторе расходов предлагается измеритель для каждой статьи затрат. Однако предлагаемый подход потребовал дополнительной детализации процессов и измерителей. Разработанный в компании классификатор производственных операций (ЕКПО) содержит определенный набор показателей, однако на настоящее время не по всем из них организован оперативный учет на предприятиях для возможности автоматического формирования фактического бюджета расходов. Вследствие чего авторами были взяты факторы издержек по производственным операциям, которые представлены в существующей оперативной отчетности (информационная система управления инфраструктурой).

Величиной целевого параметра, было взято значение установленного бюджета затрат для одной из дистанций пути Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры. Для этого же подразделения был разработан нормативно-целевой бюджет расходов, учитывающий детализированный прогнозный бюджет производства, укрупненные стоимостные нормативы, рассчитанные на основании фактических данных прошлых лет и коэффициентов, учитывающих условия планируемого года и инфляционные процессы.

На рисунке 1 представлена схема бюджета производства по статье «Работы по текущему содержанию пути и постоянных устройств» в соответствии с элементарными производственными процессами.

Расходы по данной статье декомпозируются на расходы по работам по технологонормировочным картам (включают в себя около 200 производственных операций на рассматриваемом предприятии), осмотру пути, сопровождение дефектоскопной тележки, ограждение мест работ, проход к месту работы, пропуск поездов, техническое обслуживание и эксплуатация лубрикаторов и прочие работы.



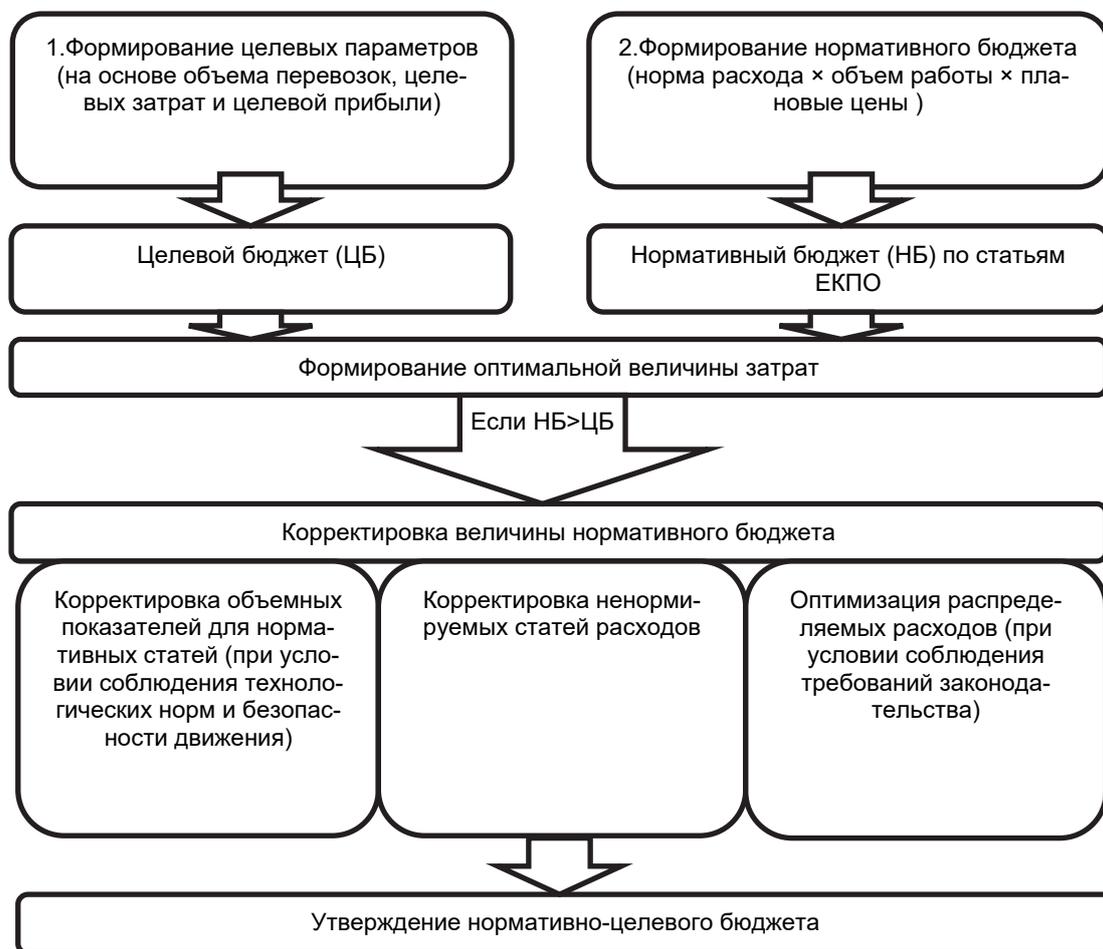
Рисунок 1 – Декомпозиция затрат на текущее содержание пути по производственным операциям

На основании ЕКПО и сопоставления данных производственных операций и имеющихся на настоящий момент в информационных системах измерителей объема работы, были выбраны следующие измерители. Для работ по технико-нормировочным картам используется измеритель 1 км приведенной длины, для осмотра пути – выбран измеритель 1 ч осмотра пути, так как учет данных по осмотру пути в километрах в дистанции пути не ведется.

В примере был проведен расчет расходов на текущее содержание пути с использованием принципов процессного подхода. Полученный результат превысил величину целевого параметра по данной статье, рассчитанную традиционным способом, в связи, с чем возникла необходимость корректировки статей бюджета, так как величина расходов рассчитанная с применением процессного подхода отражает уровень затрат необходимый для обеспечения технологии и безопасности производственного процесса.

Возникает задача оптимизации статей бюджета, так как необходимо помнить, что общая величина бюджета предприятия (целевые затраты) должна оставаться неизменной, так как она формируется на высшем уровне управления компанией с учетом программы экономии, планируемых объемов работы компании в целом, а также показателей доходов, расходов и прибыли на уровне корпорации в целом.

В данном случае корректировка бюджета может проводиться по разным сценариям. Авторами была разработана модель формирования нормативно-целевого бюджета предприятия и предложено несколько вариантов корректировки бюджета, которые представлены на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Модель формирования и оптимизации нормативно-целевого бюджета*

Приведенный пример показывает, что применение процессного подхода позволяет обеспечить более детальное формирование бюджета производства в разрезе отдельных статей расходов и производственных операций. Кроме того, использование процессного подхода позволяет производить анализ и корректировку бюджета в зависимости от изменения каких-либо составляющих производственного процесса, объемов работы, выполняемых по элементарным производственным операциям. Очевидно, что одной из важнейших функций процессного подхода является анализ выполнения бюджетных показателей. Использо-

вание даже традиционных инструментов анализа может дать объективную оценку затрат каждого железнодорожного предприятия. Наиболее подходящим способом факторного анализа, в данном случае выступает метод корректировок (скорректированного плана), обеспечивающий возможность расчета размера статей затрат для разных уровней объемов работ или других возбудителей затрат, и позволяющий определить отклонения показателей нормативно-целевого бюджета от фактически достигнутых [5]. Внедрение данного механизма подразумевает развитие более детальной системы учета объемов работ, что в свою очередь требует больших трудозатрат, а также создания более совершенного программного обеспечения.

Дальнейшее совершенствование системы бюджетного планирования должно основываться на повышении качества составления и мониторинга бюджетов, разработке и совершенствовании нормативной базы, а также дальнейшем развитии форм учета и отчетности для обеспечения более точной информацией процесса составления бюджетов.

Рассматриваемый механизм в условиях стратегии минимизации затрат становится эффективным инструментом управления расходами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бочаров, В.В. Комплексный финансовый анализ / В.В. Бочаров. -СПб.: Питер, 2005. -432 с.
- 2 Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. -М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. -544 с.
- 3 Брейли, Р. Принципы корпоративных финансов / Р. Брейли, С. Майерс. -М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. -1008 с.
- 4 Северова, М.О. Формирование системы управления затратами предприятий железнодорожного транспорта / М.А. Ромашева, М.О. Северова // Сб. тез. Межд. науч.-практ. конф. «ПАУЭР». –Новосибирск: Сиб. гос. унив. путей сообщ., 2015. -С. 495-500.
- 5 Сурикова, Е.А. Анализ и контроль затрат предприятий вагоноремонтного комплекса на основе гибкого бюджета/ Е.А. Сурикова // -Проблемы экономики и менеджмента. -2014. -№7. -С. 36-40.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бюджет, производственная операция, процессный подход, детализация, планирование, норматив

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Северова Марина Олеговна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»  
Сурикова Елена Александровна, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СГУПС»  
Ромашева Мария Александровна, магистрант ФГБОУ ВПО «СГУПС»

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

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ФЛОТА

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

**Ю.В. Гусева**

### THE ALGORITHM FOR CALCULATING THE SCHEDULE FLEET OPERATION PLAN

Volga state university of water transport

J. V. Guseva

The question of the development of the algorithm for calculating of schedule fleet operations plan. This question is relevant, as any tool for operation fleet planning – in fact the planning is realized manually. The proposed algorithm in this paper will provide to get such a tool.

*Keywords: operational planning, schedule fleet operation plan, variable planning horizon*

Рассматривается вопрос разработки алгоритма расчета календарного плана работы флота. Этот вопрос является актуальным, так как в настоящее время в судоходных компаниях отсутствует какой-либо инструмент планирования работы – планирование осуществляется фактически вручную. Реализация предлагаемого в данной статье алгоритма позволит получить такой инструмент.

В постоянно меняющихся эксплуатационных и экономических условиях судоходным компаниям требуется, как сохранять свою конкурентную привлекательность по сравнению с автомобильным и железнодорожным транспортом, так и оставаться рентабельными. Обычное средство, которое используется для достижения удовлетворительного состояния судоходной компании, – экономия, не может задействовать тот резерв, который имеется на пути совершенствования транспортного процесса, в частности, за счёт оперативного планирования работы флота.

Правильно организованный процесс планирования позволяет сформировать четкое понимание того, как должна быть организована работа флота и с каким результатом судоходная компания в итоге сработает. В настоящее время в судоходных компаниях по разным

причинам вопросам планирования не уделяется должного внимания. Одной из таких причин является отсутствие адекватного и реализуемого метода, с помощью которого такое планирование можно было бы осуществлять. Целью данной статьи является разработка алгоритма расчета календарного плана работы флота с переменным горизонтом, который может быть ядром подобного метода и позволит адекватно решать современные задачи планирования и организации работы флота.

Вопросами оперативного планирования работы флота занимались такие ученые, как А.А. Булов, А.С. Бутов, Б.И. Вайсблат, Л.М. Гаськов, В.Н. Захаров, В.П. Зачесов, В.В. Звонков, А.П. Ирхин, В.И. Кожухарь, В.П. Кока, Ю.К. Лехан, В.Д. Левый, А.Г. Малышкин, А.Ю. Платов, Ю.И. Платов, С.М. Пьяных, В.И. Савин, А.А. Союзов, И.П. Фадеев, Е.В. Ширяев. Последняя большая работа по оперативному планированию, А.Ю. Платова [1], учитывающая современные требования, ориентирована на крупные судоходные компании, так как базируется на сложной имитационной модели работы флота, нетривиальной в программной реализации. Представляет интерес разработка более простой основы для моделирования работы флота, пригодной для реализации как на крупных, так и на средних судоходных компаниях. С этой стороны представляет интерес работа Е.В. Ширяева по расчёту декадного плана [2].

Главное, что представляется полезным в его методе – это алгоритм последовательных приближений с перестановкой судов по некоторому критерию на каждом шаге. Но следует отметить, что этот алгоритм был ориентирован прежде всего на снижение ожиданий в пунктах грузовой обработки. В настоящее время из-за отсутствия плановой координации работы флота и портов требуется ориентация на другие критерии оценки оперативного плана.

Модификация метода Е.В. Ширяева предполагается в части введения критериев двух уровней: внешнего (глобального критерия) и перечня локальных (внутренних) критериев.

Последовательность действий алгоритма расчета календарного плана работы флота, имеет следующий вид.

1 Сортировка оперативной информации о судах по их дислокации и назначению. Определение местонахождения судна (ближайшего пункта, рядом с которым оно находится).

2 Прогнозирование времени окончания операции, на которой занято судно – определение момента времени, когда судно может приступить к выполнению следующего рейса.

3 Проверка времени окончания операции, выполнением которой занято судно, на предмет нахождения в рамках рассматриваемого периода. Если операция заканчивается за пределами рассматриваемого планового периода (в качестве которого может выступать период, меньший чем навигация), то судно в дальнейших расчетах по формированию набора назначений на рейс в текущем плановом периоде не участвует. Суда, прогнозируемое время окончания выполнения текущей операции по которым находится в рамках рассматриваемого периода, переходят на следующий этап расчетов – по ним формируется список судов для определения возможных назначений.

4 Перед составлением набора возможных назначений каждое судно проходит проверку на предмет его наличия в таблице рабочего ядра. Если рассматриваемого судна нет в таблице рабочего ядра, то по этому судну не формируется набор возможных назначений, и процедура переходит к рассмотрению следующего судна. Если судно присутствует в таблице рабочего ядра, то это судно переходит на следующий этап расчета.

5 По судам, имеющимся в таблице рабочего ядра, производится составление набора назначения на рейс методом перебора по каждому судну и проверка по каждому рассмотренному судну всех рейсов из сформированного набора возможных назначений на предмет их наличия в базовой схеме использования флота. На следующий этап расчета переходят только те возможные назначения, которые имеются в базовой схеме. Происходит накопление возможных вариантов назначений по каждому судну. Процедура перебора продолжается до тех пор, пока появляются новые варианты назначений. Каждое судно из рассматриваемой совокупности должно пройти процедуру составления набора назначений.

6 Проверка на предмет удовлетворения всех заявок на перевозку грузов. Если заявки удовлетворены полностью, то осуществляется переход на следующий этап расчета. Если есть заявки, на попавшие в план, то необходимо вернуться к процедуре 5 составления набора возможных назначений.

7 Расчет плана согласно принятым локальным критериям и формирование отчетных форм.

8 Оценка предложенных вариантов плана и выбор оптимального варианта согласно ус-

тановленным критериям. Будем различать внутренние критерии и внешние критерии. Внутренние критерии используются внутри алгоритма для локальной оптимизации на каждом шаге алгоритма. Внешние критерии служат для выбора окончательного варианта календарного плана – то есть для глобальной оптимизации. При этом комбинирование нескольких критериев позволит получить ряд решений (календарных планов), из которых затем будет выбрано наилучшее согласно внешнему критерию. Назначение судна на рейс будет происходить с использованием информации о пунктах погрузки, для каждого из которых имеется перечень грузопотоков, которые необходимо освоить, а также перечне судов, которые освободятся в каждом пункте выгрузки к определенной дате. Назначить можно только порожние суда, так как груженные суда уже имеют назначение и выполнению рейс. Если значение локального критерия для всех возможных назначения окажется одинаковым, то процедура переходит к оценке по следующему критерию для этих возможных рейсов. Как только появляются различия по следующему критерию, то по этому критерию выбирается оптимальное назначение среди всего перечня возможных. Критерий объема отправленного груза, направленный на ликвидацию наименее освоенных грузопотоков можно описать следующим выражением:

$$\min \sum_{k=1}^K \frac{G_c^{осв}}{G_c^{пл}}, \quad (1)$$

где  $k$  – индекс рейса (оборота);

$K$  – совокупность рейсов (оборотов);

$c$  – индекс грузопотока;

$G_c^{осв}$  – объем перевезенного груза на  $c$ -ом грузопотоке, т;

$G_c^{пл}$  – плановый объем перевозок груза на  $c$ -ом грузопотоке, т.

Критерий порожнего пробега до пункта погрузки можно описать следующим выражением

$$\min \frac{L_k^{пор}}{L_k} \quad (2)$$

где  $L_k^{пор}$  – расстояние, проходимое судном в  $k$ -ом рейсе в порожнем состоянии, км;

$L_k$  – расстояние, которое необходимо пройти судну в  $k$ -ом рейсе (обороте), км.

Для выполнения судоходной компанией договорных обязательств в срок необходимо использование такого критерия, как дата окончания грузоперевозок. Судно из всех возможных рейсов согласно этому критерию будет назначаться на тот рейс, который относится к грузопотоку, дата окончания грузоперевозок по которому является самой ранней из всех возможных. Для получения плана работы флота с наилучшим финансовым результатом можно использовать такие критерии, как прибыль или тайм-чартерный эквивалент за рейс. Два указанных параметра могут быть представлены следующим образом

$$\max \Pi_k, \quad (3)$$

где  $\Pi_k$  – прибыль за каждый  $k$ -ый рейс (оборот), руб.

$$\max TЧЭ_k, \quad (4)$$

где  $TЧЭ_k$  – тайм-чартерный эквивалент за каждый  $k$ -ый рейс (оборот), руб./сут.

В случае, если необходимо оптимизировать размер эксплуатационных расходов за рейс, то выбирается критерий наименьшего значения эксплуатационных затрат из всех возможных

$$\min Э_k, \quad (5)$$

где  $Э_k$  – эксплуатационные расходы за  $k$ -ый рейс (оборот), руб.

В случае, если приоритетом в вопросе эксплуатации флота выступает экономия энергетических ресурсов, то с целью оптимизации этого вида ресурсов выступает критерий расхода топлива за рейс. Этот критерий можно описать следующим выражением

$$\min F_k, \quad (6)$$

где  $F_k$  – расход топлива за  $k$ -ый рейс (оборот), т.

Для обеспечения корректности результатов расчетов необходимо соблюдение ряда ограничений. Эти ограничения необходимы для того, чтобы проводить контроль на каждой итерации алгоритма. Если при проверке какое-либо ограничение не будет выполняться, то необходимо будет искать следующий более подходящий вариант. Введем следующие обо-

значения:

- $k$  – индекс рейса (оборота);
- $j$  – тип судна;
- $z$  – плановый период работы;
- $s$  – пункт отправления или назначения;
- $c$  – индекс грузопотока;
- $K$  – совокупность рейсов (оборотов);
- $J$  – совокупность типов судов;
- $Z$  – совокупность плановых периодов;
- $S$  – совокупность пунктов;
- $C$  – совокупность грузопотоков;
- $Q_k$  – загрузка судна на  $k$ -ом рейсе (обороте);
- $X_k$  – число отправок судов (составов) на  $k$ -ом рейсе (обороте);
- $G$  – плановый объем перевозок на рассматриваемый период;
- $\Phi_k$  – потребность в количестве судов на одно отправление на  $k$ -м рейсе (обороте);
- $P_{jz}$  – количество судов (составов) в наличии (ресурсы транспортных средств)  $j$ -го типа в плановый период работы  $z$ ;
- $A_k$  – признак прибытия (+1) либо отправления (-1) судна (состава)  $j$ -го типа в  $s$ -ый пункт (либо из  $s$ -го пункта) за  $k$ -ый рейс (оборот);

1 Освоение всего объема перевозок согласно корреспонденции перевозок за период

$$\sum_{k \in K} Q_k X_k \geq G. \quad (7)$$

2 Общая потребность в судах (составах) по типам на весь плановый период не должна превышать их наличия

$$\sum_{k \in K_j} \Phi_k X_k \leq P_j, j \in J. \quad (8)$$

3 Число судов каждого типа, прибывающих в каждый конкретный пункт, должно соответствовать числу отправок судов этих типов в целом за плановый период

$$\sum_{k \in K_{jz}} A_k X_k = 0, j \in J, s \in S. \quad (9)$$

4 Число отправок судов (составов) на каждом рейсе (обороте) должно быть целым и положительным

$$X_k \geq 0, k \in K. \quad (10)$$

5 Число отправок судов (составов) для освоения каждого грузопотока должно быть целым и положительным

$$\sum X_{kc} \geq 0, k \in K, c \in C. \quad (11)$$

6 Число судов, необходимых для освоения планового объема перевозок должно быть целым и положительным

$$\Phi_k \geq 0. \quad (12)$$

Программная реализация описанного алгоритма не представляет больших сложностей. Причём с его помощью могут быть получены календарные планы на работы флота для различных горизонтов планирования (как на декаду, месяц, так и на навигацию).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Платов, А.Ю. Методология оперативного планирования работы речного грузового флота в рыночных условиях / А.Ю. Платов // Речной транспорт (XXI век). -2010. -№1. -С. 77-79.
- 2 Ширяев, Е.В. К вопросу разработки алгоритма расчета декадного плана работы флота / Е.В. Ширяев // Труды Горьк. инст. инж. водн. трансп. –Горький: Горьк. инст. инж. водн. трансп., 1967. -Вып. 84. -С. 22-32.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** оперативное планирование, календарный план работы флота, переменный горизонт планирования

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Гусева Юлия Викторовна, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

## ИНДЕКС БЕЗОПАСНОСТИ КАК МЕРА НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Ю.И. Бик, В.В. Дегтярева

THE SAFETY INDEX LIKE RELIABILITY MEASURE OF STRUCTURES

Siberian state university of water transport

Yu.I. Bik, V.V. Degtyareva

The method of reliability estimation of structures by safety index is considered.

Keywords: safety, structures, safety index

Рассмотрена методика оценки надежности сооружений по индексу безопасности, определяемому статистическими методами.

При оценке надежности в технике используется понятие вероятности отказа. Однако, при оценке безопасной работы строительных конструкций и, в частности, причальных сооружений эта характеристика является чрезвычайно малым числом, существенно (в разы) изменяющимся при даже незначительных уменьшениях сечения конструкции в результате его износа.

Поэтому вероятность отказа может использоваться в строительстве только как мера ненадежности конструкций [1].

Как меру надежности в строительстве целесообразно применять индекс безопасности, так как возможные изменения проектных параметров конструкций и индекса безопасности являются соизмеримыми величинами.

Индекс безопасности может быть определен как отношение математического ожидания запаса прочности конструкции  $m_x$  к его среднеквадратическому отклонению  $\sigma_x$  [2]

$$\beta_c = \frac{m_x}{\sigma_x}. \quad (1)$$

Определяемый по вышеприведенной формуле индекс безопасности сооружения не зависит от типа распределения случайных величин, определяющих надежность сооружения, определение которой требует большого объема выборок, в особенности для периферийных зон распределений. Однако следует отметить, что такой метод определения индекса безопасности может использоваться только в случае линейных многофакторных уравнений предельных состояний

$$g(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0, \quad (2)$$

где  $x$  – случайная величина (параметр), определяющая надежность сооружения.

Уравнение предельного равновесия (2) представляет собой в пространстве базисных переменных гиперповерхность, разделяющую все пространство на область отказа, в которой  $g(x) < 0$ , и область безопасной работы, где  $g(x) \geq 0$ .

Проиллюстрируем предлагаемую методику расчета индекса безопасности работы конструкции, на примере оценки устойчивости причальной стенки гравитационного типа (рисунок). Для данного вида причальной стенки потеря устойчивости может произойти за счет сдвига конструкции в акваторию порта или ее опрокидывания под действием нагрузки от грунта обратной засыпки и грунтовых вод. Обозначим равнодействующую сдвигающих конструкцию сил через  $F$  (первая случайная величина), а высоту ее приложения  $r$  (вторая случайная величина). Сила  $x_1$  учитывает активное давления грунта засыпки, давление грунтовых вод и давление воды со стороны акватории порта.

Уравнение предельного состояния для гравитационной стенки имеет вид

$$g(x_1, x_2) = G \frac{d}{2} - Fr = G \frac{d}{2} - x_1 x_2 = 0, \quad (3)$$

где  $G$  – вес стенки с учетом противофильтрационного противодействия грунта.

Учтем, что за счет изменения уровня воды в акватории порта и уровня грунтовых вод в обратной засыпке. Тогда примем за случайные некоррелированные величины равнодейст-

вующую опрокидывающую силу ( $x_1 = F$  и ее плечо ( $x_2 = r$ ).

Для принятых в формуле (3) случайных величин  $F$  и  $r$  на основе натуральных обследований конкретного объекта должны быть установлены значения математического ожидания ( $m_{x_1} = m_F$  и  $m_{x_2} = m_r$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma_{x_1} = \sigma_F$  и  $\sigma_{x_2} = \sigma_r$ ).

Тогда после подстановки в формулу (3), получим значение математического ожидания запаса прочности конструкции  $m_x$ , входящее в зависимость (1)

$$m_x = g(m) = G \frac{d}{2} - m_{x_1} m_{x_2} = G \frac{d}{2} - m_F m_r. \quad (4)$$

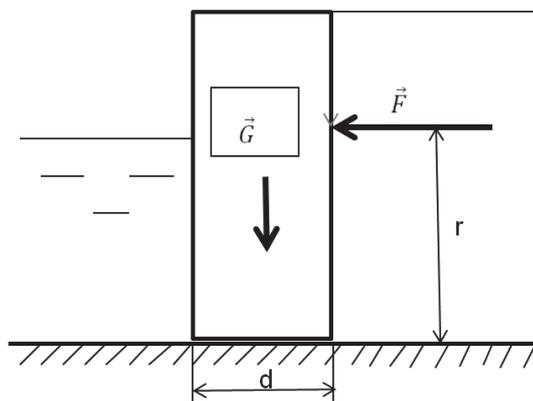


Рисунок – Расчетная схема конструкции

Для определения входящего в формулу (1) значения среднеквадратического отклонения  $\sigma_x$  учтем, что

$$\sigma_x = \sqrt{C_x G(m)^2}, \quad (5)$$

где  $C_x$  – вектор квадратов среднеквадратических отклонений

$$C_x = \begin{pmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \sigma_{x_m}^2 \end{pmatrix};$$

$G(m)$  – вектор частных производных уравнения предельного состояния (3) в точке математического ожидания  $x = m_x$

$$G(m) = \begin{pmatrix} \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial x_1} \Big|_{x = m_x} \\ \dots \\ \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial x_m} \Big|_{x = m_x} \end{pmatrix}.$$

В рассматриваемом примере

$$\begin{aligned} \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial x_1} &= \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial F} = -x_2; & \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial F} \Big|_{x = -m_r}; \\ \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial x_2} &= \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial r} = -x_1; & \frac{\partial g(x_1, x_2)}{\partial r} \Big|_{x = -m_F}. \end{aligned}$$

Среднеквадратическое отклонение, согласно зависимости (5), будет определяться по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{C_x G(m)^2} = \sqrt{m_r^2 \sigma_F^2 + m_F^2 \sigma_r^2}.$$

В итоге проведенных математических преобразований, получим выражение для индекса безопасности при оценке устойчивости гравитационной стенки на опрокидывание

$$\beta_c = \frac{m_x}{\sigma_x} = \frac{m_r m_F}{\sqrt{m_r^2 \sigma_F^2 + m_F^2 \sigma_r^2}}. \quad (6)$$

Полученная зависимость позволят определить индекс безопасности, по значению которого оценивается надежность работы гравитационной стенки с точки зрения возможности ее опрокидывания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бик, Ю.И. Повышение надежности портовых гидротехнических сооружений / Ю.И. Бик. -Новосибирск: Новосиб. Гос. Акад. Водн. Трансп., 1997. -77 с.  
2 Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций / Г. Шпете. -М.: Стройиздат, 1994. -287 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *безопасность, сооружения, индекс безопасности*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Бик Юрий Игоревич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Дегтярева Вера Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ РЕЧНОГО СТОКА (НА ПРИМЕРЕ РЕК БАСЕЙНА АМУРА И СРЕДНЕЙ ОБИ)**

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

**Н.Н. Фомичева, А.С. Тушина**

**ESTABLISHING COEFFICIENT OF CORRELATION BETWEEN HYDROLOGICAL PARAMETERS RIVER FLOW (ON THE EXAMPLE OF THE RIVERS OF THE BASIN OF AMUR AND CENTRAL OB)**

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

The paper on the example of some rivers of basins of the Amur River and Central Ob the analysis of a possibility of use of a correlation method for lengthening of short ranks of average annual expenses of water is provided.

*Keywords: coefficient of correlation, regression equation, river flow*

На примере некоторых рек бассейнов р. Амур и средней Оби приведен анализ возможности использования корреляционного метода для удлинения коротких рядов средних годовых расходов воды.

В настоящее время все больше возрастает актуальность проблемы наводнений и других экстремальных гидрологических событий. Это связано с большими потерями от наводнений. При наводнениях наблюдается резкое повышение уровня воды в реках или водоемах, приводящее к затоплению значительных участков суши и наносящее материальный ущерб. К наблюдающимся в последние годы опасным явлениям можно отнести такие как: пропуск паводка в 2007 г. на Зейском водохранилище; катастрофический паводок в 2012 г. на р. Адагум Краснодарского края; наводнение на р. Амур в 2013 г; значительные затопления больших территорий в бассейнах рек средней Оби в 2015-2016 гг.

В связи с вышеизложенным, встает задача: добиться снижения негативных последствий опасных гидрологических явлений. Решение данной задачи может быть найдено путем проведения мероприятий по регулированию речного стока.

Перераспределение стока осуществляется при создании водохранилищных гидроузлов, благодаря которым срезается пик половодья. Так значительный объем аккумуляции стока в водохранилищах и снижение величин сбросных расходов из водохранилищ в период паводка является положительным фактором, влияющим на стабилизацию уровня режима рек.

Таким образом, создание водохранилищ на реках может сыграть положительную роль в системе мероприятий противопаводковой защиты. Затруднения в проектировании гидроузлов могут быть вызваны отсутствием или недостаточностью данных о характеристиках стока. Для оценки вероятностных характеристик стока всегда желательно увеличение объема данных.

При необходимости удлинения коротких рядов гидрологических данных следует устанавливать зависимости между соответствующими гидрологическими характеристиками в двух и более рядах. Например, такая зависимость показывает возможность использования данных по речному стоку в проектом створе в качестве «реки-аналога» для створа с недостаточным рядом наблюдений.

Несмотря на то, что все происходящие в природе явления сложны и многообразны и невозможно учесть все факторы, влияющие на них, благодаря некоторым методам удается выполнить гидрологическое обоснование проектируемых водохозяйственных объектов. Так, например, графический способ удлинения рядов позволяет решить этот вопрос, но он дает ошибку, если имеет место значительный разброс точек. Коррелятивный метод более трудо-

емкий, но дает лучшие результаты. Однако следует отметить, что при корреляционной зависимости каждому значению аргумента может соответствовать несколько значений функции. Примером корреляционной зависимости являются связи между гидрологическими параметрами [1].

В аспекте развития Дальневосточного и других регионов нашей страны, а также анализа данных уровня режима рек бассейна Амура и средней Оби в том числе прохождения катастрофического паводка на р. Амур 2013 г. и наводнение на р. Иртыш в 2016 г. привели к необходимости решения вопроса о защите населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций путем регулирования стока и создания водохранилищ. В связи с этим появляется необходимость в получении наиболее полной информации по гидрологическим параметрам. В работе рассмотрена возможность использования «створов-аналогов» для удлинения коротких рядов. Подбор аналогов осуществлялся согласно требованиям нормативных документов [2].

Удлинение рядов можно осуществлять по уравнениям регрессии [3], которые представляют в виде прямых регрессии  $y$  по  $x$  и  $x$  по  $y$ :

$$y - y_{cp} = R_{y/x} (x - x_{cp}); \quad (1)$$

$$x - x_{cp} = R_{x/y} (y - y_{cp}), \quad (2)$$

где  $R_{y/x}, R_{x/y}$  – коэффициенты регрессии

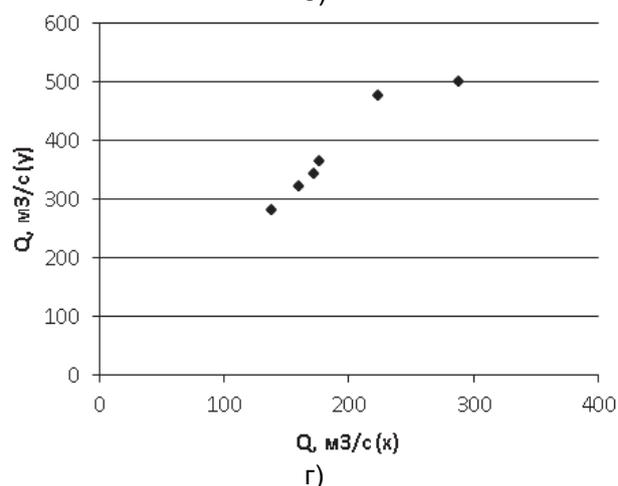
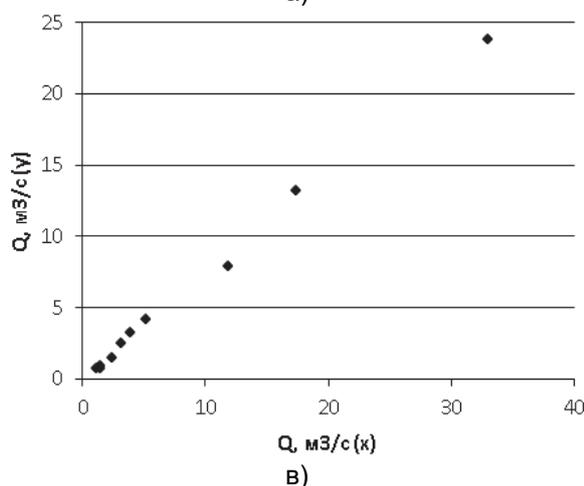
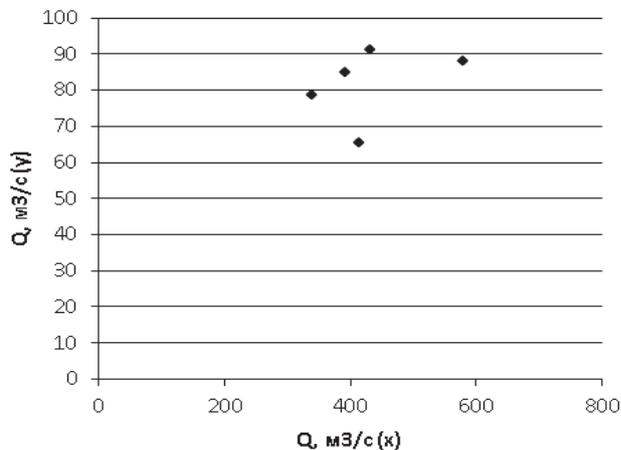
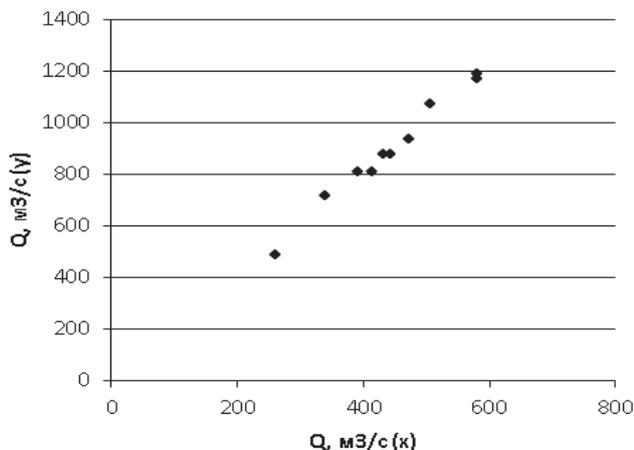
$$R_{y/x} = \frac{y_{cp} - c_{v_{yn}}}{x_{cp} - c_{v_{xn}}}; R_{x/y} = \frac{x_{cp} - c_{v_{xn}}}{y_{cp} - c_{v_{yn}}}; \quad (3)$$

$c_{v_{xn}}, c_{v_{yn}}$  – коэффициенты вариации средних годовых расходов воды для лет одновременных наблюдений.

Тесноту связи позволяет определить коэффициент корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum [(K_x - 1)(K_y - 1)]}{(n - 1)c_{v_{yn}}c_{v_{xn}}}, \quad (4)$$

где  $K_x, K_y$  – модульные коэффициенты.



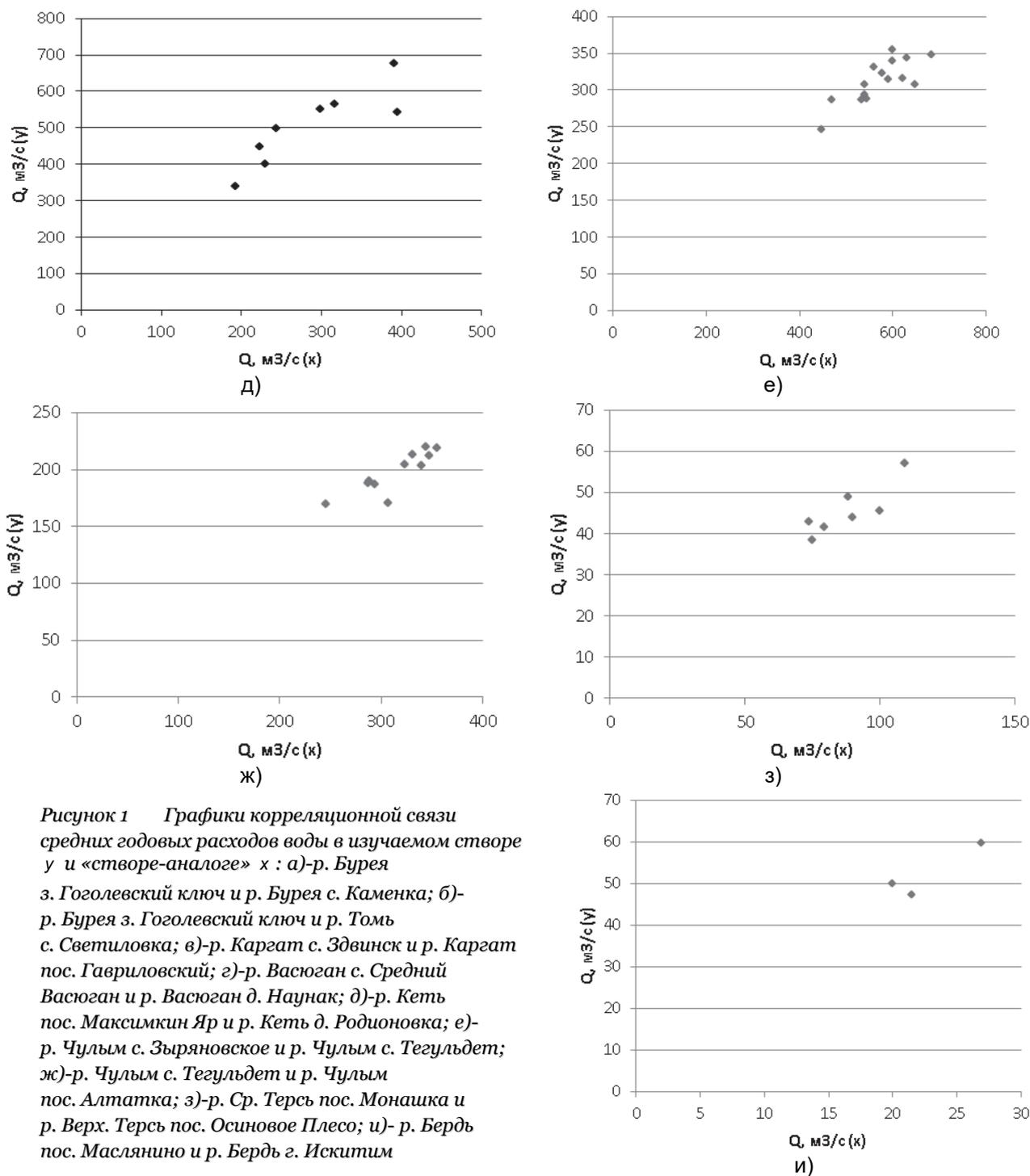


Рисунок 1 Графики корреляционной связи средних годовых расходов воды в изучаемом створе у и «створе-аналоге» х : а)-р. Буря з. Гоголевский ключ и р. Буря с. Каменка; б)-р. Буря з. Гоголевский ключ и р. Томь с. Светиловка; в)-р. Каргат с. Здвинск и р. Каргат пос. Гавриловский; г)-р. Васюган с. Средний Васюган и р. Васюган д. Наунак; д)-р. Кеть пос. Максимкин Яр и р. Кеть д. Родионовка; е)-р. Чулым с. Зырянское и р. Чулым с. Тегульдет; ж)-р. Чулым с. Тегульдет и р. Чулым пос. Алтатка; з)-р. Ср. Терсь пос. Монашка и р. Верх. Терсь пос. Осиновое Плесо; и)- р. Бердь пос. Маслянино и р. Бердь г. Искитим

Таблица Результаты расчетов к установлению корреляционной связи

№	Рассматриваемые пункты	F, км <sup>2</sup>	Годы наблюдений	$X_{cp}, Y_{cp},$ м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$r_{xy}$	$\sigma_{rxy}$	$K_d$	Модуль стока, л/с·км <sup>2</sup>
1	р. Буря з. Гоголевский ключ	40600	1933-1962	1248,50	0,3831	0,60	0,895	2,448	14,2
	р. Буря с. Каменка	67400	1949-1958	893,60	0,2388				13,6
2	р. Буря з. Гоголевский ключ	40600	1933-1962	2497,00	0,5747	0,06	0,998	0,115	14,2
	р. Томь с. Светиловка	16000	1949-1953	81,64	0,1253				25,5

**ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО**

*Продолжение таблицы*

№	Рассматриваемые пункты	$F$ , км <sup>2</sup>	Годы наблюдений	$X_{cp}$ , $Y_{cp}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$r_{xy}$	$\sigma_{rxy}$	$K_d$	Модуль стока, л/с·км <sup>2</sup>
3	р. Каргат с. Здвинск	6440	1940-1962	20,585	1,4416	0,79	0,790	6,399	1,54
	р. Каргат пос. Гавриловский	3910	1948-1957	5,881	1,2623				1,35
4	р. Васюган с. Средний Васюган	31700	1936-1962	163,936	0,5940	0,29	0,96	0,727	5,17
	р. Васюган д. Наунак	58300	1957-1962	381,167	0,2321				6,53
5	р. Кеть пос. Максимкин Яр	38400	1937-1962	803,625	0,4657	0,46	0,92	1,518	6,33
	р. Кеть д. Родионовка	71500	1955-1962	502,125	0,2105				7,02
6	р. Чулым с. Зырянское	92500	1931-1962	1063,000	0,2213	0,65	0,89	4,13	5,94
	р. Чулым с. Тегульдет	55300	1948-1962	312,400	0,0939				5,44
7	р. Чулым с. Тегульдет	55300	1932-1962	739,181	0,2291	0,47	0,93	1,92	5,44
	р. Чулым пос. Алтатка	33800	1952-1962	198,090	0,0907				5,86
8	р. Средняя Терсь пос. Монашка	1860	1933-1962	199,600	0,3017	0,30	0,96	0,81	44,2
	р. Верхняя Терсь пос. Осинное Плесо	1020	1933-1936, 1960-1962	45,486	0,1340				57,3
9	р. Бердь пос. Маслянино	2480	1948-1962	100,433	0,378	0,12	0,99	0,17	8,10
	р. Бердь г. Искитим	7690	1948-1950	52,300	0,102				5,96

В данной работе на примере некоторых рек бассейнов р. Амур и средней Оби приведен анализ возможности использования корреляционного метода для удлинения коротких рядов средних годовых расходов воды. Результаты приведены на рисунке 1а-1и, а также в таблице, где представлены значения среднеквадратических коэффициентов корреляции  $\sigma_r$  и коэффициенты достоверности (неслучайности)  $K_d$ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фомичева, Н.Н. Гидрология и регулирование стока: учебное пособие / Н.Н. Фомичева, А.А. Перфильев, -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2009. -308 с.
- 2 СП 33-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. -М.: 2004. -85 с.
- 3 Железняков, Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока: учебник / Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. -М.: Колос, 1984. -432 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** коэффициент корреляции, уравнение регрессии, речной сток  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Фомичева Няня 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»

## ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В НИЖНИХ БЬЕФАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Шамова, Д.А. Мерзляков

STUDY OF THE CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF CHANNEL DEFORMATIONS IN THE DOWNSTREAM

Siberian state university of water transport

V.V. Shamova, D.A. Merzlyakov

The article outlines the main provisions of the study of channel processes unsteadiness of its formation and use. Research has built several objectives: analysis of the reorganization of the riverbed, the problem of water resources management, calculation of channel deformations, study the negative impact on the long-term regulation of the river bed.

*Keywords: river bed, deformation, formation of the channel, hydraulic structures, research, settlement, water resources, analysis, assessment of the situation*

Излагаются основные положения исследования русловых процессов не стационарности его формирования и использования. Исследования построены из нескольких задач: анализа переформирования русла реки, проблемы управления водными ресурсами, расчета русловых деформаций, исследования негативного влияния на многолетнее регулирование.

Вторая половина двадцатого и начало двадцать первого века обуславливают повышенный интерес к исследованиям русловых процессов на конкретных реках, характеризующихся разными условиями формирования русел, их устойчивостью, русловым режимом, антропогенными воздействиями на русло и воздействиями на возможности использования водных и связанных с ними земельных, минеральных и других речных ресурсов. Проблема управления водными ресурсами в наиболее общей постановке относится к классу иерархических, многоуровневых, оптимизационных задач, где используются эколого-экономические критерии. Если в недалеком прошлом на начальных этапах исследования они были связаны в прикладном отношении, с решением водотранспортных проблем (судоходства), оценкой изменений русловых процессов вследствие создания гидроузлов, то со временем задачи охватили более существенный спектр проблем. Вследствие данных решений возникла необходимость, наряду с традиционными подходами, оценивать и прогнозировать опасные и неблагоприятные последствия русловых деформаций. Русловые деформации повлияли на развитие наводнений, засухи, ледовых заторов, размыва и образование взвешенных наносов и других гидрологических явлений.

Кроме того, были выявлены новые тенденции в развитии русловых процессов, вызванные изменениями природной среды, климата и хозяйственной деятельности, в той или иной мере преобразующими как сток воды и наносов, так и морфологическое строение самих русел, в том числе, благодаря строительству дамб и берегозащитных сооружений, дноуглублению, намыву пойменных территорий, разработке русловых карьеров и т.д. Особенно остро проблема учета русловых процессов и управления ими для нейтрализации или предотвращения их неблагоприятных последствий встала на реках, протекающих по экономически развитым районам [1].

Развитие гидротехнического строительства на реках и интенсивное развитие сельскохозяйственных работ в бассейнах рек оказывает сильное влияние на русловые процессы. Возникает антропогенная нагрузка на русла, обусловленная изменением природной среды речных бассейнов: нарушение естественного растительного покрова, перераспределение или изъятие речного стока и т.д.

Ежегодно в нашей стране происходит строительство гидротехнических сооружений требующих учета русловых деформаций, качественного и правильного научного прогноза возможных деформаций русла. Все это относится к планированию и реконструкции города, возведению линий электропередач, мостов тоннелей, водосборных сооружений, дамб, причалов, русловыправительных сооружений и многого другого. Как показывает опыт, далеко не всегда при проектировании и расчете этих сооружений надлежащим образом учитываются закономерности русловых процессов, допускаются просчеты и ошибки, в результате чего происходят серьезные аварии. К неблагоприятным последствиям можно отнести регулирование речного стока гидроэлектростанцией (ГЭС), что приводит к размыву русла в нижнем

бьефе реки.

В результате переформирования русел реки, на протяжении десятков километров ниже гидротехнического сооружения, а так же в зоне выклинивания подпора, возникают последствия, отрицательно влияющие на судоходные явления, на работу инженерных сооружений.

Отсутствие достоверных исходных данных теоретических методов расчета и прогноза русловых деформаций при возведении, проектировании и эксплуатации мостов, тоннелей, ГЭС, приводит к нарушению их работы.

В конечном счете, происходит размыв, заиление русел, выходят из строя многочисленные инженерные сооружения, происходит разрушение дамб, ограждающие от затопления сельскохозяйственные угодья в поймах рек. Обрушение мостовых переходов ведет к прерыванию движения железнодорожного и автомобильного транспорта.

Возрастающий объем дноуглубительных работ, служащий для эксплуатации водного транспорта и добычи аллювиального материала, нерудных строительных материалов (НСМ) из речных русел, продолжает перечень просчетов русловых деформаций [2].

Одним из основных факторов ущерба является: недостаточное исследование сложного многофакторного процесса переформирования русел рек в полевых и лабораторных условиях, недостаточно разработаны теоретические основы русловых процессов, что не позволяет сделать надежные расчеты и долгосрочные прогнозы, которые прослужили бы на десятки лет вперед.

В конце XIX и начале XX столетия В.М. Лохтиным, Н.С. Лелявским, Н.Н. Жуковским были разработаны положения, основы учения о динамике водных потоков и русловых процессов, служащих для улучшения судоходных условий рек.

Слабым местом современной теории русловых процессов является недостаточная изученность самих процессов и отсутствие основных формулировок, отображающих их сущность. Отсюда возникают противоречия и дискуссии.

В гидролого-морфологической теории под русловым процессом понимается видоизменение морфологического строения речного русла и поймы, постоянно происходящее под действием текущей воды. В работах Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова, русловые процессы описываются как совокупность явлений, возникающих при взаимодействии потока и грунтов, из которых складывается ложе реки, явлений определяющих развитие различных форм рельефа русел и режим их сезонны, многолетних и вековых изменений, влияющих на размыв дна и берегов рек, на транспорт и аккумуляцию наносов.

Согласно гидролого-морфологической теории наука о русловых процессах развивается на стыке гидрологии и гидродинамики (гидравлики). Однако, представители различных школ русловиков обычно представляют упор на одну какую-либо из этих наук. Так, в школах МГУ (Н.И. Маккавеев и Р.С. Чалов, и др.) в большей сфере получили развитие географии и геоморфологии, в РУДН им. Патриса Лумумбы (Н.А. Ржаницын, Е.К. Ракова и др.) – аспекты гидрологии, у К.И. Россинского, И.И. Леви и их последователей – гидродинамические (гидравлические) аспекты и т.д.

Гидролого-морфологическая теория русловых процессов разработана, для рек в естественном состоянии. Таким образом, ее целью является получение фонового прогноза обратимых деформаций с заблаговременностью, пассивных инженерных сооружений.

К.И. Россинский и А.И. Кузьмин отмечали, что исследование русловых процессов должно продолжаться в двух направлениях:

- изменение руслового режима под влиянием регулирования стока реки;
- разработка методов создания новых русел для переброски речного стока из районов избыточного увлажнения в районы недостатка воды.

Исследование русловых деформаций в условиях измененного гидравлического и руслового режима является новым критерием и приобретает большое значение и становится особо важным разделом науки о русле.

Реки с измененным гидравлическим режимом в результате перестройки стремятся вернуться в динамическое равновесие. В этом случае ярко проявляется явление саморегулирования рек.

Русловой процесс на реках с зарегулированным стоком, выражается в размыве и понижении отметок дна, с сопровождением посадок уровня воды, повышением и обсыханием поймы.

Невозможно создать гидравлические методы количественной оценки русловых деформаций без достоверных данных и надежных расчетов донных наносов. За последние 30-

40 лет неоднократно различными авторами выполнялось сравнение расчетов по существующим рекомендациям, и наблюдались расхождения по ряду зависимостей. Можно сказать, и выделить преимущество способа расчета деформации, с помощью методов математической статистики и теории вероятности, для которых необходимы результаты баланса наносов, расхода наносов, и выяснения механизма переформирований.

В последнее время, для анализа русловых деформаций применяются геоинформационные технологии, позволяющие выполнять моделирование объектов (рек, озер, водохранилищ), имеющих большую протяженность. Наличие информации о точном местоположении объектов, их взаиморасположении и взаимосвязи существенно влияет на качество управленческих решений, применяемых и реализуемых на разных уровнях: федеральном, бассейновом, территориальном и местном. Электронные русловые карты можно использовать при мониторинге русловых процессах на исследуемых участках в нижних бьефах: они поддаются корректировке, могут быть распечатаны или включены в состав математической модели руслового процесса [3].

Русловые деформации не регламентируются до сих пор какими-либо официальными нормативными документами. Следует отметить отсутствие систематического надзора со стороны проектных организаций за состоянием построенных по их проектам сооружений.

С созданием общепризнанной систем аксиом в науке о русловых процессах отпадает необходимость в дискуссиях о предмете исследования, о методике науке и терминологии.

Таким образом, изучение современного состояния проблем деформации в нижнем бьефе остается актуальным и необходимым для решения целого ряда задач в хозяйственной и производственной деятельности.

В качестве примера русловых деформаций был рассмотрен пережат Нижний Кудряшовский (712,5-715,0 км) в нижнем бьефе реки Обь.

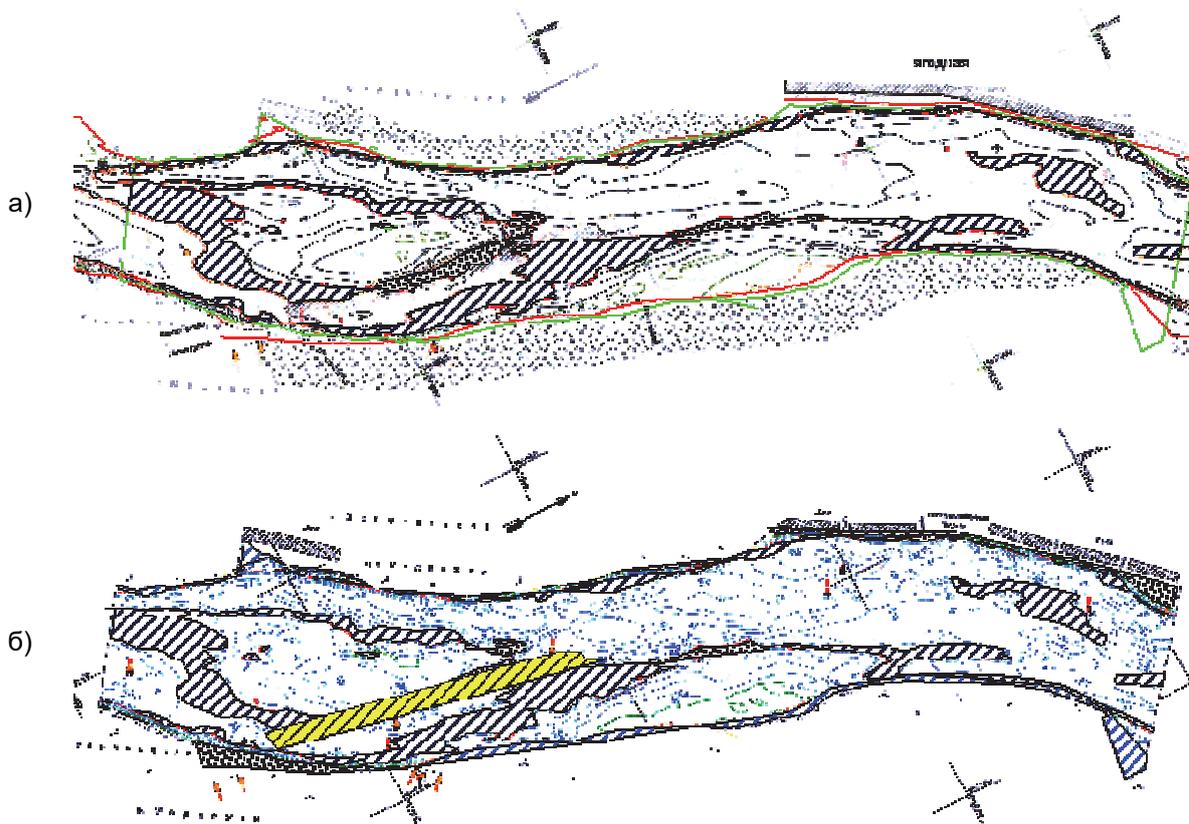


Рисунок 1 – Совмещенные планы пережата Нижний Кудряшовский за 2009-2013 гг.: а)- совмещенные планы без прорези; б)- совмещенные планы с прорезью

Пережат образован местным расширением русла, и в настоящее время распределение расходов воды по обоим рукавам практически равномерное. В результате на выходе из правобережной протоки у озера Мерзляк формируются пережаты с глубинами меньше двух метров от проектного уровня. Грунт-песчано-гравийный, с выходом каменистых пород. Для обеспечения нормальных глубин необходимо производство капитальных работ по разработ-

ке правой судоходной протоки и строительство выправительного сооружения для перекрытия левой несудоходной протоки [4].

Для оценки переформирований русла использовались съемки перекатного участка за период 2009-2013 гг. в виде растровых изображений, обработка которых выполнялась с помощью программного обеспечения MapInfo Professional. На рисунке 1 представлены совмещенные планы перекатного участка, по которому были выполнены расчеты площадей намыва, размыва и площади дноуглубительной прорези (рисунок 2) [5].

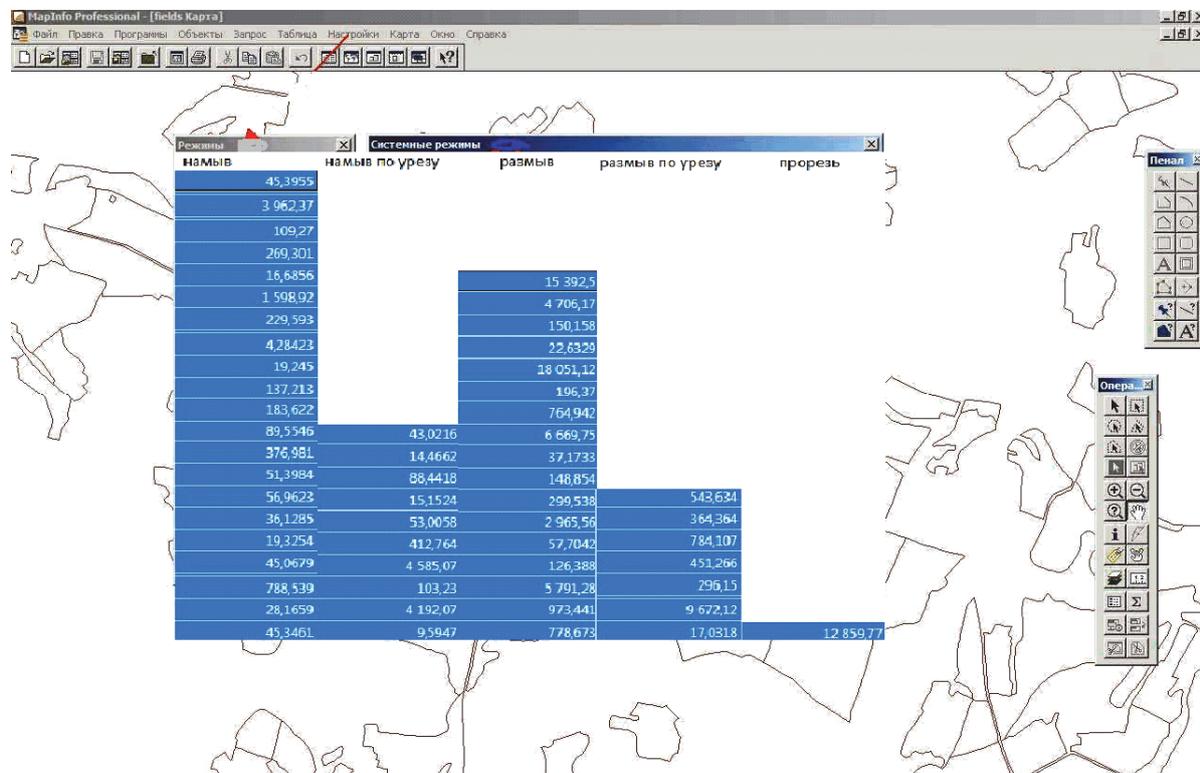


Рисунок 2 – Расчет намывов, размывов и дноуглубительной прорези

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Чалов, Р.С, Русловые процессы и водные пути на реках обского бассейна / Р.С. Чалов, Е.М. Плескевич, В.А. Баула. - Новосибирск: РИПЭЛ плюс Новосибирск, 2001. -300 с.
- 2 Серебряков, А.В, Русловые процессы на судоходных реках с зарегулированным стоком/ А.В. Серебряков. -М.: Транспорт, 1970. -125 с.
- 3 Шамова, В.В. Антропогенное воздействие на изменение русла реки в нижнем бьефе/ В.В. Шамова, Д.А. Мерзляков //Сибирский научный вестник: сб. научн. тр. Сиб. отд-ния Росс. акад. естеств. наук. -Вып. XIX. -2015. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та водн. трансп., 2015. -С. 46-47.
- 4 Ботвинков, В.М. Обоснование объемов дноуглубительного наводнения на внутренних водных путях Сибири и дальнего востока (река Обь): отчет о научн.-исслед. работе / В.М. Ботвинков. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2014.
- 5 Шамова, В.В, Геоинформационные системы MapInfo Professional / В.В. Шамова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2012.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** русло реки, деформация, формирование русла, гидротехнические сооружения, исследование, расчет, водные ресурсы, анализ, оценка обстановки

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

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

## ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ГРЕБНЫХ КОЛЁС СИСТЕМЫ МОРГАНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

П.А. Бимбереков

CONSTRUCTION OF APPROXIMATION OF EXPRESSIONS GRAPHIC DEPENDENCIES FOR PADDLE WHEELS ABOUT SYSTEMS MORGAN

Siberian state university of water transport  
P.A. Bimberekov

Reception of approximation of expressions graphic dependencies stress factor and moment for paddle wheels about systems Morgan.

Keywords: paddle wheel, factor of the stress, factor of the moment

Рассматривается получение аппроксимационных выражений графических зависимостей коэффициентов упора и момента для гребных колёс системы Моргана.

Данная статья продолжает начатое получение аналитических выражений для различных типов гребных колёс, опубликованное ранее в статьях [1, 2]. Аналитические выражения наиболее удобны для составления расчётных программ определения параметров движителей на ЭВМ. В качестве исходных данных взяты графические зависимости по [3], обработка велась с использованием способа по [4]. На рисунках 1-3 приведены соответственно зависимости для коэффициентов упора  $C_T$  и момента  $C_Q$ , при следующих величинах относительных значений (оговорены ниже):  $e = 0,7$ ;  $\theta = 0,6$ ;  $\beta = 0,25$ . На рисунках 1 и 2 представлены аппроксимации с представлением коэффициентов перед степенями относительной поступи в виде парабол второй и четвёртой степени соответственно. На рисунках представлено сопоставление исходных данных – точки с аппроксимационными выражениями всего поля данных (рисунок 1 и 2а) и погрешностей полученных выражений (рисунок 1 и 2б).

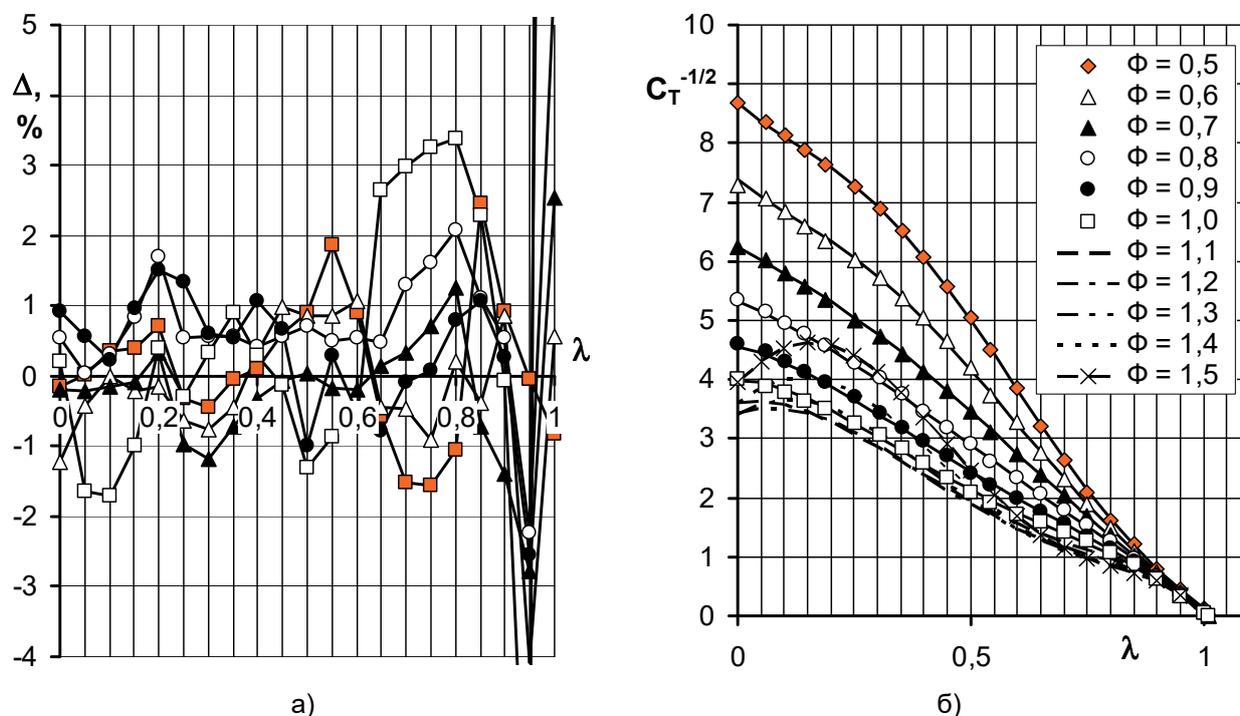


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи по (1)

$$\begin{aligned}
 C_T = & (-159,5\Phi^2 + 293,8\Phi - 137,3)\lambda^5 + (412,5\Phi^2 - 804,2\Phi + 386,55)\lambda^4 + \\
 & + (-330,3\Phi^2 + 695,8\Phi - 346,1)\lambda^3 + (65,69\Phi^2 - 173,1\Phi + 92,45)\lambda^2 + \\
 & + (9,352\Phi^2 - 23,43\Phi + 18,07)\lambda^2,
 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Phi$  – число Фруда колеса

$$\Phi = n_c \sqrt{D};$$

$n_c$  – частота вращения,  $s^{-1}$ ;

$D$  – диаметр колеса по центрам плит, м;

$\lambda$  – относительная поступь

$$\lambda = \frac{V}{\pi n_c D};$$

$V$  – скорость движения судна, м/с.

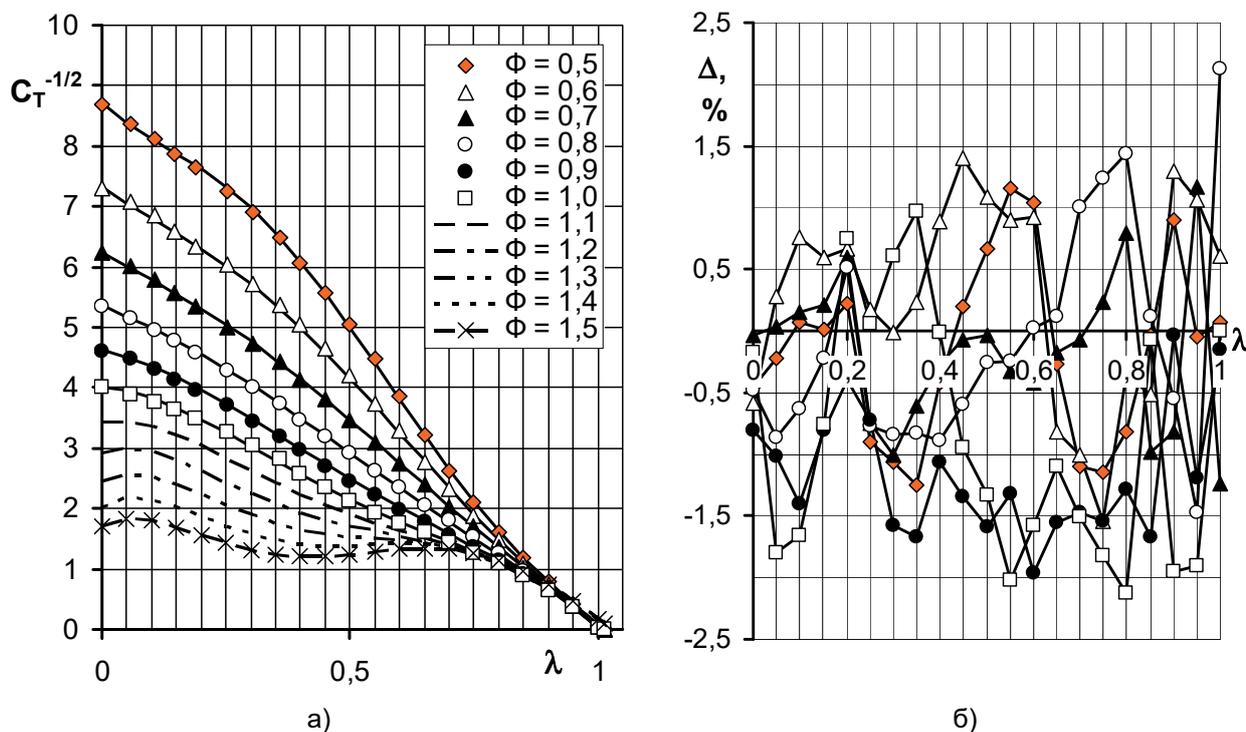


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента упора от относительной поступи по (2)

В подавляющей части диапазона относительной поступи до значения  $\lambda = 0,9$  выражение (1) имеет погрешность до  $\pm 2,0\%$ , за исключением нескольких точек при  $\Phi = 0,5$  и  $\Phi = 1,0$ , где погрешность не превышает значения  $3,4\%$ , что можно считать удовлетворительным. Однако, следует отметить, что прогноз по выражению (1) на отсутствующие в исходных данных графические зависимости для  $\Phi = 1,0 \dots 1,5$  (пунктирные линии) не дал обнадеживающего результаты, так как получилось наложение кривых друг а друга. Поэтому были построены аппроксимационные выражения с выражением коэффициентов через полиномы четвёртой степени, (рисунок 2).

$$C_T = a\lambda^5 + b\lambda^4 + c\lambda^3 + d\lambda^2 + e\lambda + f; \quad (2)$$

$$a = -894,7\Phi^4 + 3568\Phi^3 - 5095,2\Phi^2 + 3147,1\Phi - 726,2;$$

$$b = 2160\Phi^4 - 8591,5\Phi^3 + 12276\Phi^2 - 7653,4\Phi + 1798,8;$$

$$c = -1721,6\Phi^4 + 6793,2\Phi^3 - 9663,5\Phi^2 + 6066\Phi - 1451;$$

$$d = 492,35\Phi^4 - 1888,3\Phi^3 + 2614,3\Phi^2 - 1622,4\Phi + 388,69;$$

$$e = -42,96\Phi^4 + 150,8\Phi^3 - 189,4\Phi^2 + 115,3\Phi - 34,17;$$

$$f = 6,676\Phi^4 - 31\Phi^3 + 56,11\Phi^2 - 51,86\Phi + 24,08.$$

В подавляющей части диапазона относительной поступи до значения  $\lambda = 1,0$  выражение (2) имеет погрешность в диапазоне  $\pm 2,2\%$ , что можно считать удовлетворительным (отметим, что графические зависимости для коэффициента момента даны в [3] только до значений относительной поступи 0,8). Прогноз положения кривых по выражению (2) на отсутствующие в исходных данных зависимости для  $\Phi = 1,0 \dots 1,5$  (пунктирные линии) представляется вполне вероятным.

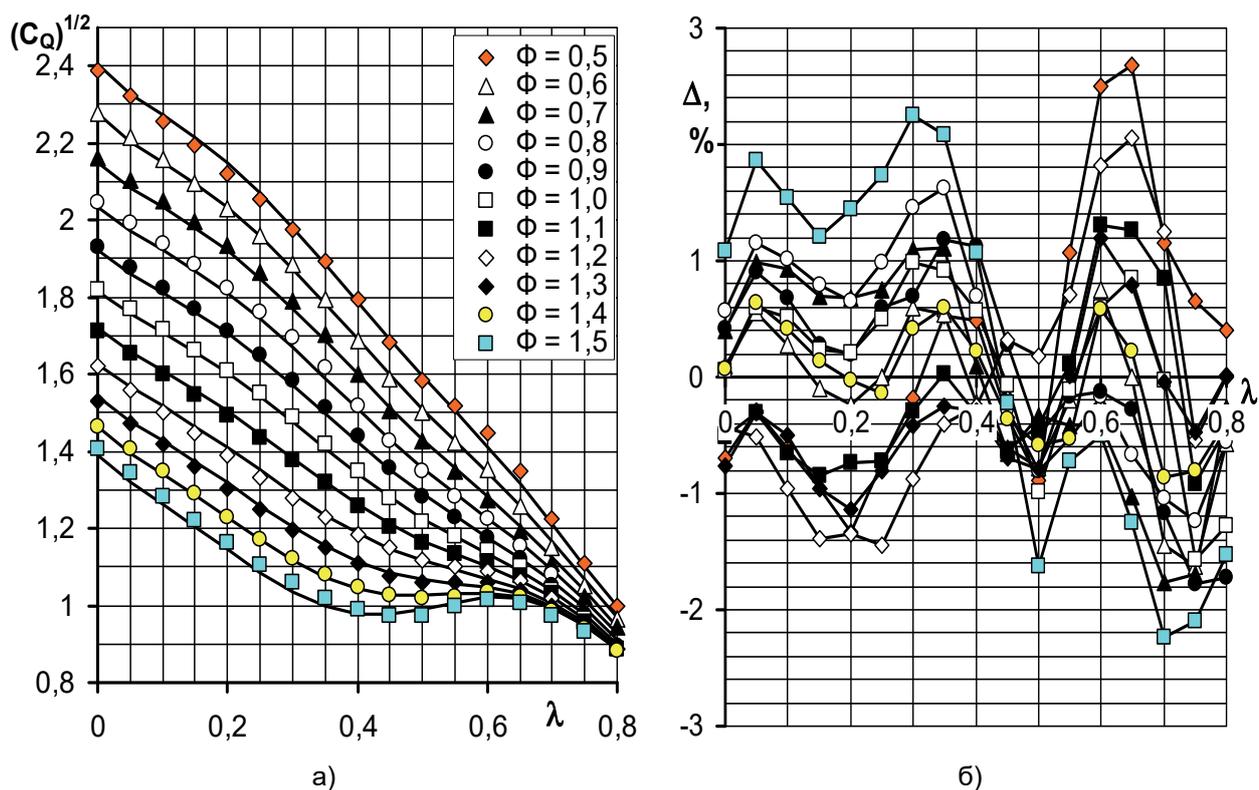


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента момента от относительной поступи у радиальных колёс с прямыми плечами (аппроксимация поля значений по (2))

$$\begin{aligned} \sqrt{C_Q} = & (162,3\Phi^2 - 294\Phi + 157,7)\lambda^6 + (-356,8\Phi^2 + 653,3\Phi - 372,5)\lambda^5 + \\ & + (279,1\Phi^2 - 527,6\Phi + 327,8)\lambda^4 + (-94,7\Phi^2 + 191,86\Phi - 132,78)\lambda^3 + \\ & + (15,35\Phi^2 - 32,76\Phi + 23,77)\lambda^2 + (-1,79\Phi^2 + 3,8\Phi - 3,44)\lambda + \\ & + (0,327\Phi^2 - 1,67\Phi + 3,16). \end{aligned} \quad (3)$$

Погрешность выражения (3) в основном лежит в пределах до  $\pm 2\%$ , ещё 5 точек при  $\Phi = 0,5; 1,5$  до  $\pm 2,25\%$  и 2 точки при  $\Phi = 0,5$  до 2,7%, что можно считать вполне удовлетворительным.

На рисунках 4-6 приведены аппроксимационные зависимости для поправочных коэффициентов [3].

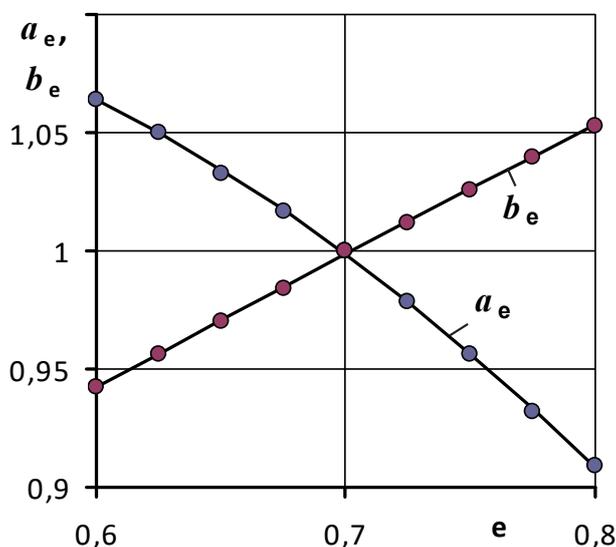


Рисунок 4 – Поправочные коэффициенты по значению относительного эксцентриситета  $\beta$

$$a_e = -1,26e^2 + 0,987e + 0,925, \quad (4)$$

$$b_e = -0,0868e^2 + 0,676e + 0,568, \quad (5)$$

где  $e$  – относительный эксцентриситет

$$e = L_k / D;$$

$L_k$  – длина костыля бугельного механизма колёс с поворотными плицами;

$D$  – диаметр колеса.

Погрешность аппроксимационных выражений (4), (5) лежит в пределах  $\pm 0,25\%$ , что можно считать удовлетворительным.

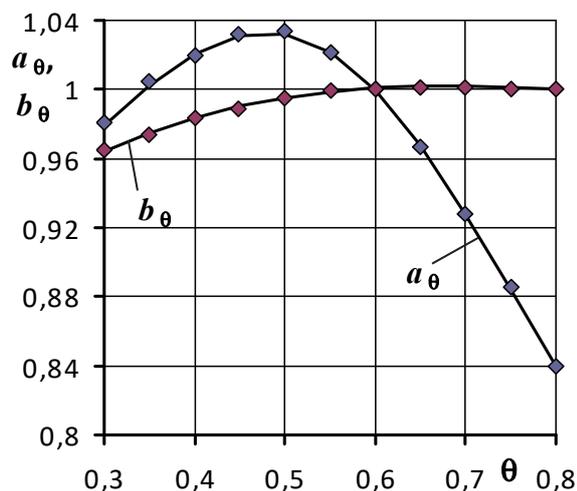


Рисунок 5 – Поправочные коэффициенты по значению относительного погружения винта  $\theta$

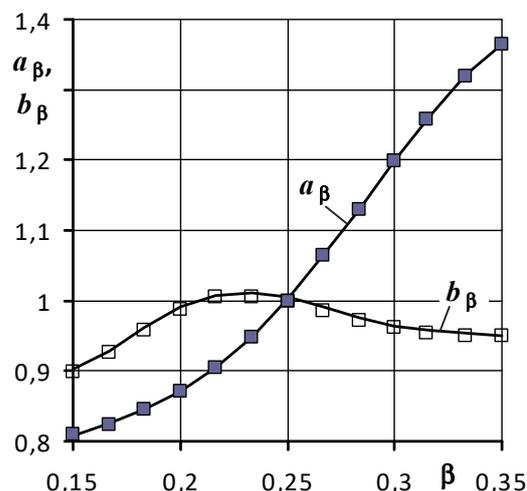


Рисунок 6 – Поправочные коэффициенты по значению относительной высоты плиц  $\beta$

$$a_\theta = 7,37\theta^4 - 15,47\theta^2 + 9,9\theta^2 - 2,08\theta + 1,07, \quad (6)$$

$$b_\theta = 0,258\theta^3 - 0,688\theta^2 + 0,578\theta + 0,846, \quad (7)$$

где  $\theta$  – относительное погружение колеса

$$\theta = 2h/D;$$

$h$  – возвышение оси гребного вала над водой.

Погрешность аппроксимационных выражений (6), (7) лежит в пределах  $\pm 0,25\%$ , что можно считать удовлетворительным.

$$a_\beta = 1064\beta^5 - 1909\beta^4 + 1163\beta^3 - 308,5\beta^2 + 38,2\beta - 1,02, \quad (8)$$

$$b_\beta = -8846\beta^5 + 11460\beta^4 - 5753\beta^3 + 1387,5\beta^2 - 159,2\beta + 7,85, \quad (9)$$

где  $\beta$  – относительная высота плиц в долях диаметра колеса.

Погрешность аппроксимационных выражения (8), (9) лежит в пределах  $\pm 0,6\%$ , что можно считать удовлетворительным.

Полученные аппроксимационные выражения для гребных колёс системы Моргана удовлетворительно соответствуют восстановленным числовым данным и могут служить составлению расчётных программ на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бимбереков, П.А. Построение аппроксимационных выражений графических зависимостей для радиальных гребных колёс с прямыми и шевронными плицами / П.А. Бимбереков, Д.Ю. Рыбников // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015. - №3. -С. 122-128.  
 2 Бимбереков, П.А. Построение аппроксимационных выражений графических зависимостей для высокооборотных гребных колёс системы Ф. Михайлова / П.А. Бимбереков // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015. -№4. -С. 95-98.  
 3 Басин, А.М. Ходкость и управляемость судов / А.М. Басин. -М: Транспорт, 1964. -476 с.  
 4 Бимбереков, П.А. Способ восстановления числовых данных по графическим зависимостям и получение аппроксимационных выражений водомётных движителей водоизмещающих судов / П.А. Бимбереков // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост., -2015. -№3. -С. 118-122.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гребное колесо, коэффициент упора, коэффициент момента  
 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ: Бимбереков Павел Александрович, докт. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОРАБОТКА СЕКСТАНА С ПОВОРОТНЫМ БОЛЬШИМ ЗЕРКАЛОМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.И. Бабич

### ENGINEERING CHANGE OF SEXTANT WITH LARGE DEFLECTING MIRROR

Siberian state university of water transport

S.I. Babich

Engineering change of sextant with large deflecting mirror which includes the production of new and replacement of old design details in this article. Development of new methods of calibration of sextant with deflecting mirror is also introduced here.

*Keywords: sextant with large deflecting mirror, design changes*

Выполнена техническая доработка секстана с поворотным большим зеркалом (СПБЗ), включающая изготовление новых и замену старых конструктивных деталей. Разработка новых методов поверки СПБЗ.

В 2014 году техническая идея патента на секстан с поворотным большим зеркалом (СПБЗ) [1], была реализована в конструкторской документации и в 2015 году воплощена в металле в виде опытного образца (рисунок 1). В то же время обнаружилось и некоторые недостатки конструкции. Часть этих недостатков удаётся устранить в рамках возможностей имеющейся конструкции модернизированных узлов, но некоторые требуют работы по усовершенствованию конструкции всего СПБЗ в целом с перспективой разработки нового типа секстана с поворотным большим зеркалом. В целом работа с СПБЗ М-1 потребовала некоторых изменений в конструкции и взаимном расположении отдельных элементов, новых способов выверки секстана, разработки новых приёмов наблюдения светил для сведения их лучей на один вертикал.

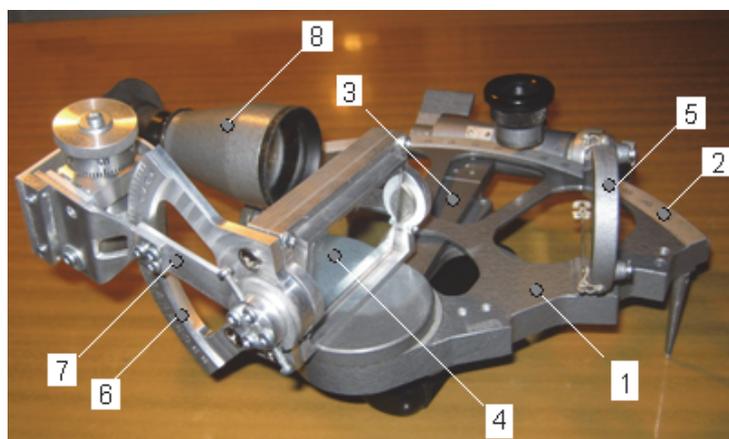


Рисунок 1 - СПБЗ М-1: 1-рама секстана; 2-лимб со шкалой высот; 3-алидада высот; 4-поворотное большое зеркало; 5-малое зеркало; 6-лимб со шкалой разностей азимутов; 7-алидада азимутов; 8-ночная оптическая труба

Резьба барабана азимутального отсчётно-стопорного устройства должна плотно ходить по резьбе сектора азимутов и фиксироваться в любом положении, но эти условия не выполняла конструкция СПБЗ М-1. Устранить этот недостаток удалось установкой плоской V-образной пружины в самом устройстве. Это позволило фиксировать в нужном положении азимутальное отсчётно-стопорное устройство и снимать разность горизонтальных углов.

СПБЗ является угломерным прибором и для снятия показаний угла отклонения большого зеркала была установлена стрелка на азимутальной алидаде и установлена пластина с риской на азимутальном отсчётно-стопорном устройстве.

СПБЗ М-1, ввиду своей конструктивной особенности, имеет возможность работать только с дневной трубой с закреплённым внутри гидроуровнем, но из-за громоздкости рамы поворотного большого зеркала (ПБЗ) и самой трубы возможность изменять угол ПБЗ весьма ограничена, для создания свободного пространства между ними были сделаны прорезы на раме ПБЗ в местах отверстий под болты, соединяющие с рамой секстана, и обточены края рамы большого зеркала. Смещение рамы большого зеркала вернуло способность СПБЗ изменять угол ПБЗ.

Для контроля перпендикулярности рамы СПБЗ М-1 с горизонтом требовалось закрепить гидроуровень внутри дневной оптической трубы, что не предусматривалось в традиционном секстане. Гидроуровень был взят из обычного строительного уровня, обточен до внутреннего диаметра трубы и зафиксирован внутри двумя болтами, вкрученными в специально вы-

сверленные отверстия с резьбой.

Из-за небольшого размера самого азимутального лимба на нём градусная шкала изображена с мелким шрифтом, что, в свою очередь, затрудняет визуальное наблюдение показаний шкалы. Этот недостаток был устранён путём установки подвижной лупы, которая позволяет хорошо наблюдать показания как по шкале азимутального лимба, так и по шкале азимутального барабана.

Так же наблюдалось прокручивании барабана на оси азимутального отсчётно-стопорного устройства, что делало невозможным определение измеряемого угла. Этот недостаток был устранён путём сверления отверстия до оси барабана со стороны шкалы барабана, нанесением в нём внутренней резьбы и установлением в отверстии прижимного винта впотай.

Дополнительно был устранён люфт всех подвижных частей конструкции путём вплоть до замены некоторых деталей. При замене и установке пластин, шайб, винтов выбирались детали из материалов, не подверженных коррозии, так как работа с секстаном происходит в морских условиях.

Перечисленные доработки и изменения создали необходимые технические условия для проведения первых практических проверок работы СПБЗ М-1.

Первые опыты 2015 года практической работы с СПБЗ по измерению разностей высот и азимутов светил позволили подтвердить принципиальную возможность измерения указанных навигационных параметров, работоспособность модернизированных узлов и достаточную простоту процесса измерения. В то же время обнаружилось и некоторые недостатки конструкции.

СПБЗ М-1 позволяет достаточно хорошо наблюдать верхнее светило, расположенное слева от прямолинейного нижнего светила. А светило, расположенное справа от нижнего, наблюдается только в узком секторе разности азимутов, существенно меньшем оптимального [2].

Причина - в экранировании этих светил рамой секстана (точнее, подшипниковым узлом оси алидады). В традиционном секстане нет необходимости уменьшения размеров подшипникового узла и прилегающей части рамы.

В СПБЗ М-1 этот недостаток удалось устранить поднятием большого зеркала над подшипниковым узлом (рисунок 2). При этом пришлось изменять угол установки малого зеркала с тем, чтобы алидада высот перемещалась в пределах имеющейся шкалы высотного лимба.

Второй недостаток обнаруживается из-за вертикального расположения прямоугольника большого зеркала: при больших разностях азимутов в малом зеркале отражается видимая узкая полоска повернутого большого зеркала с соответственно малым углом обзора участка звёздного неба в районе выбранного верхнего светила, что затрудняет опознание этого светила. В СПБЗ М-1 этот недостаток удалось преодолеть, закрепив большое зеркало горизонтальным расположением его прямоугольника.



Рисунок 2 - СПБЗ М-2. Повернутое большое зеркало поднято над подшипниковым узлом секстана и повернуто горизонтальным расположением своего прямоугольника

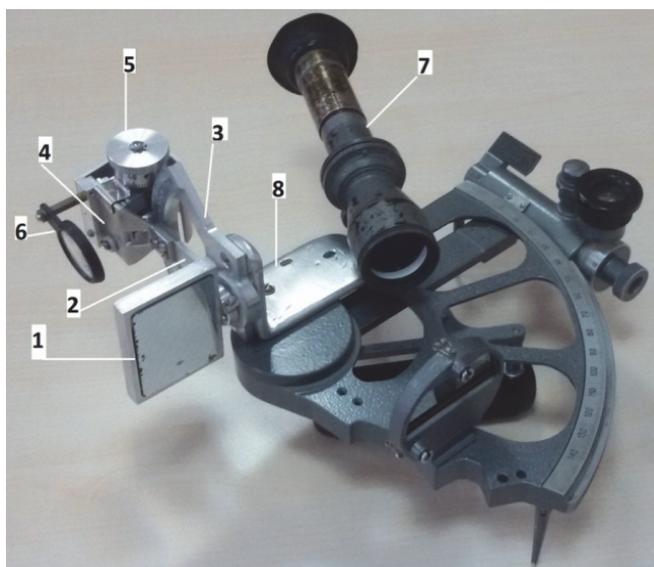


Рисунок 3 - СПБЗ М-3: 1-поворотное большое зеркало (ПБЗ); 2-алидада ПБЗ; 3-лимб ПБЗ; 4-отсчётно-стопорное устройство угла поворота ПБЗ; 5-барабан отсчётно-стопорного устройства угла поворота ПБЗ; 6-лупа; 7-оптическая труба с гидроуровнем; 8-кронштейн

После первых практических проверок модернизированного секстана с поворотным большим зеркалом и выявленных недостатков конструкции были сделаны следующие технические изменения (рисунок 3):

- заменена неподвижная рама большого зеркала на кронштейн с отверстиями под соединяющие болты;
- установлено новое вертикальное гнездо большого поворотного зеркала с осью вращения.

Перестановка большого зеркала привела к увеличению угла между большим и малым зеркалами. Это вызвало необходимость изменить угол между дневной трубкой и малым зеркалом: сделать его равным углу между большим и малым зеркалами.

Этот недостаток вызвал необходимость применения нового конструктивного решения и был устранён следующим образом: на плоскости лимба высот была установлен кронштейн, в месте крепления гнезда малого зеркала, позволяющими закрепить малое зеркало в выгодном (равноугольном) положении.

Дополнительно к изменениям, описанным ранее, были сделаны следующие доработки, улучшающие работу с СПБЗ (рисунок 4):

- уменьшена плоскость кронштейна, прилегающая к раме секстана, до оптимального размера;
- заменено малое зеркало на полупрозрачное, что увеличило точность сведения светил друг на друга, совмещая их в одной точке;
- установлен дополнительный рамный гидроуровень, позволяющий контролировать перпендикулярное положение рамы относительно земли без дневной трубки, что важно в первой стадии наблюдений.

По завершению конструктивных доработок СПБЗ наступила очередь новой задачи, выверки секстана. Для этого были разработаны: испытательный стенд для фиксации прибора, способ крепления лазерного указателя к СПБЗ и фиксирующий кронштейн (рисунок 5). Подобрана лаборатория для проведения специально разработанного обратного метода выверки СПБЗ.



Рисунок 4 - СПБЗ М-4: 1-полупрозрачное малое зеркало(МЗ); 2-дополнительный рамный гидроуровень; 3-кронштейн; 4-поворотное большое зеркало (ПБЗ); 5-алидада ПБЗ; 6-лимб ПБЗ; 7-лупа; 8-барабан алидады ПБЗ; 9-оптическая труба с основным гидроуровнем; 10-кронштейн МЗ



Рисунок 5 - СПБЗ с установленным лазерным указателем на испытательном стенде: 1-кронштейн; 2-лазерный указатель; 3-испытательный стенд СПБЗ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пат. 2523100 Российская Федерация, МПК G01C 1/08. Секстан / Сичкарёв В.И. – Оpubл. 22.05.2014; приоритет 28.02.2013.

2 Сичкарёв, В.И. Направления совершенствования секстана для измерения разностей высоты и азимута / В.И. Сичкарёв // Судовождение-2016: сб. науч. тр. Сиб. гос. унив. водн. трансп. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2016.- С. 40 - 53.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** секстан с поворотным большим зеркалом, изменения в конструкции  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Бабич Сергей Игоревич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ИЗМЕРЕНИЯ ПОПРАВОК ВЫСОТ СЕКСТАНА С ПОВОРОТНЫМ БОЛЬШИМ ЗЕРКАЛОМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
ОАО «Сахалинское морское пароходство»

**С.И. Бабич, Л.В. Дьячков, Е.В. Солюянов**

### MEASUREMENTS AMENDMENTS THE HEIGHTS OF SEXTAN WITH LARGE DEFLECTING MIRROR

Siberian state university of water transport

Sakhalin shipping company

S.I. Babich, L.V. D'yachkov, E.V. Soluyanov

Description and results of using a new method - the method of inverse measurements in this article. Using of calibration stand in a special laboratory is also introduced here.

*Keywords: sextan with large deflecting mirror, the method of inverse measurements*

Описание и результаты использования нового метода – метод обратных измерений. Использование поверочного стенда в специальной лаборатории.

Весной 2016 года были закончены технические доработки [1] необходимые для наблюдений светил как слева, так и справа от прямовидимого [2] при работе секстаном с поворотным большим зеркалом (рисунок 1).

Одной из задач по подготовке секстана к работе является проверка точности шкалы лимба ПБЗ, и хода азимутального червячного механизма. Определение инструментальной поправки является важным элементом для достижения точности снятия навигационных параметров и должна выполняться на специально оборудованных стендах.

В ходе первых опытов было замечено, что дважды отражённое изображение покидало свою горизонтальную линию положения, стремясь вверх, и это вертикальное движение было тем больше, чем больше был азимутальный угол ПБЗ.

Эти наблюдения поставили дополнительную задачу, определить поправку вертикального угла в зависимости от азимутального



Рисунок 1 - Секстан с поворотным большим зеркалом (СПБЗ): 1-Полупрозрачное малое зеркало(МЗ); 2-дополнительный рамный гидроуровень; 3-кронштейн; 4-поворотное большое зеркало (ПБЗ); 5-алидада ПБЗ; 6-лимб ПБЗ; 7-лупа; 8-барaban алидады ПБЗ; 9-оптическая труба с основным гидроуровнем; 10-кронштейн МЗ

угла ПБЗ.

Для решения поставленных задач, был разработан, принят и реализован новый метод – метод обратных измерений.

Метод обратных измерений был осуществлён путём установке на раме СПБЗ лазерного указателя, изготовлением специальной подставки [2] для крепления СПБЗ и выбором лаборатории цилиндрической формы с центром равных радиусов.

В ходе опыта на стену лаборатории наносились метки (рисунок 2) по показанию дважды отражённого лазерного луча, по азимутальной шкале шаг меток составлял пять градусов, а по высотной десять.

В результате было замечено, что поправки имеют не линейную, функциональную зависимость. При разных высотах, дуги которые описывает дважды отражённый лазерный луч имеют различный радиус закругления, чем больше отклонения ПБЗ от нуля высот, тем радиус закругления дуги описываемой дважды отражённым лазерным лучом меньше. Тем самым необходимо определять поправки для различных положения ПБЗ относительно высотной рамы секстана.

Для проведения обратного лабораторного измерения поправки высот была выбрана разность высот  $0^\circ$ , а азимут изменялся от  $0$  до  $90^\circ$  с шагом  $5^\circ$ , и измерения проводились сначала в одну сторону - от  $0$  до  $+90^\circ$ , а затем от  $0$  до  $-90^\circ$ . При этом на цилиндрической стене сразу был виден вертикальный угол поправки шкалы. По выставленным отметкам с помощью лазерного дальномера, выполнялось измерение высот по вертикалям и горизонтальных расстояний между метками. Горизонталь начальной точки и вертикалы дважды отражённой метки устанавливались с помощью лазерного нивелира.

Схема проведения геометрических измерений на стене лаборатории для определения угловых величин между лазерными метками, соответствующими выставленным на СПБЗ углам по шкале азимутов, представлена на рисунке 3.

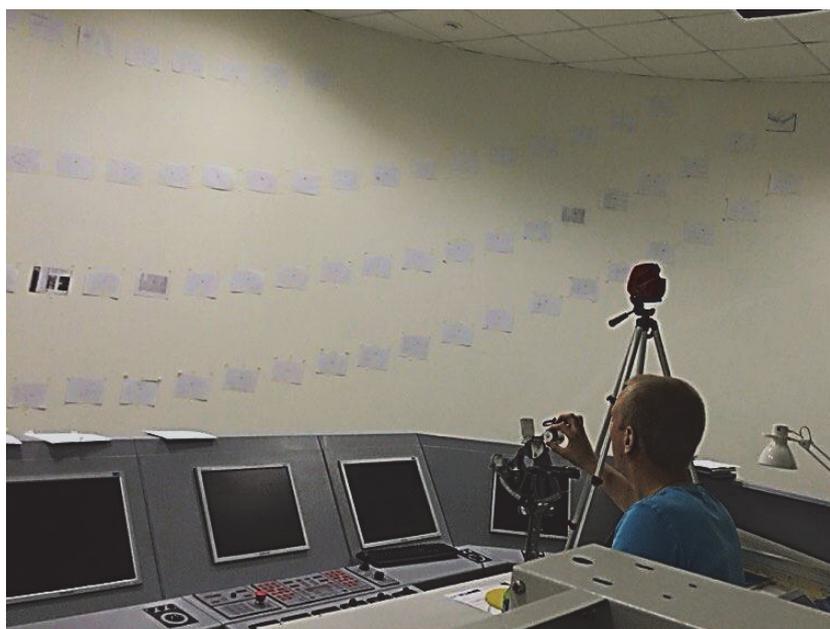


Рисунок 2 - Нанесение меток на стену лабораторного помещения

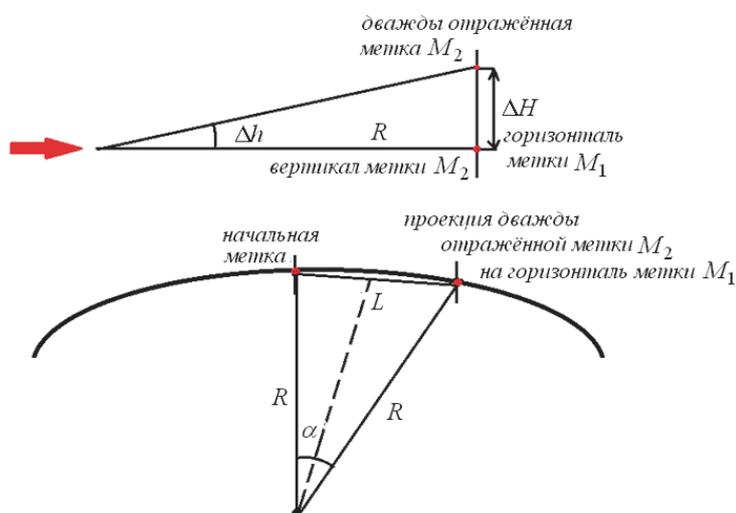


Рисунок 3 - Схема проведения замеров по лазерным меткам для определения угловых величин на шкалах СПБЗ

## СУДОВОЖДЕНИЕ

Угловые величины рассчитывались по геометрическим зависимостям, по формулам

$$\alpha = 2 \arcsin\left(\frac{L}{2R}\right); \quad (1)$$

$$\Delta h = \arctg\left(\frac{\Delta H}{R}\right) = \arctg\left(\frac{H - OC_{Ho}}{R}\right). \quad (2)$$

Геометрически рассчитанные углы по трём сторонам треугольника  $\alpha$  принимались за истинный и сравнивались с отсчётами СПБЗ  $ОМС_{\Delta A}$ . Показания азимутальной шкалы СПБЗ имели разные знаки, при движении от нуля влево – минус  $ОМС_{\alpha -}$ , а при движении от нуля вправо – плюс  $ОМС_{\alpha +}$ . После многочисленных измерений полученные данные были обработаны и по ним построены таблица 1 и 2; рисунок 4.

Таблица 1 - Геометрические измерения между лазерными метками при изменении азимута от 0 до +90°

i	OC <sub>ai</sub>	OC <sub>Ho</sub>	Геометрические измерения			Расчет $\alpha$
			H	L	R	
0	0°00',0	1,382	1,382	0	3,914	0
1	5°00',0	1,382	1,381	0,315	3,923	4,602
2	10°00',0	1,382	1,403	0,615	3,926	8,984
3	15°00',0	1,382	1,441	0,925	3,928	13,524
4	20°00',0	1,382	1,492	1,229	3,929	17,996
5	25°00',0	1,382	1,552	1,519	3,929	22,292
6	30°00',0	1,382	1,627	1,812	3,929	26,664
7	35°00',0	1,382	1,711	2,091	3,929	30,864
8	40°00',0	1,382	1,805	2,364	3,929	35,016
9	45°00',0	1,382	1,909	2,642	3,925	39,335
10	50°00',0	1,382	2,031	2,902	3,923	43,415
11	55°00',0	1,382	2,151	3,159	3,922	47,498
12	60°00',0	1,382	2,282	3,403	3,928	51,338
13	65°00',0	1,382	2,429	3,642	3,927	55,254
14	70°00',0	1,382	2,585	3,876	3,930	59,093
15	75°00',0	1,382	2,745	4,091	3,928	62,765
16	80°00',0	1,382	2,915	4,331	3,930	66,874
17	85°00',0	1,382	3,105	4,541	3,926	70,665
18	90°00',0	1,382	3,281	4,765	3,927	74,702

Таблица 2 - Геометрические измерения между лазерными метками при изменении азимута от 0 до -90°

i	OC <sub>ai</sub>	OC <sub>Ho</sub>	Геометрические измерения			Расчет $\alpha$
			H	L	R	
0	-0°00',0	1,378	1,381	0	3,914	0
1	-5°00',0	1,378	1,381	0,299	3,916	4,376
2	-10°00',0	1,378	1,403	0,615	3,916	9,007
3	-15°00',0	1,378	1,441	0,918	3,919	13,452
4	-20°00',0	1,378	1,492	1,210	3,917	17,770
5	-25°00',0	1,378	1,552	1,507	3,917	22,182
6	-30°00',0	1,378	1,627	1,797	3,916	26,529
7	-35°00',0	1,378	1,711	2,076	3,915	30,750
8	-40°00',0	1,378	1,805	2,350	3,916	34,921
9	-45°00',0	1,378	1,909	2,624	3,915	39,160
10	-50°00',0	1,378	2,031	2,883	3,912	43,244
11	-55°00',0	1,378	2,151	3,138	3,906	47,368
12	-60°00',0	1,378	2,282	3,380	3,907	51,260
13	-65°00',0	1,378	2,429	3,620	3,905	55,227
14	-70°00',0	1,378	2,585	3,857	3,900	59,272
15	-75°00',0	1,378	2,745	4,078	3,898	63,079
16	-80°00',0	1,378	2,915	4,309	3,896	67,147
17	-85°00',0	1,378	3,105	4,524	3,893	71,048
18	-90°00',0	1,378	3,281	4,730	3,893	74,818

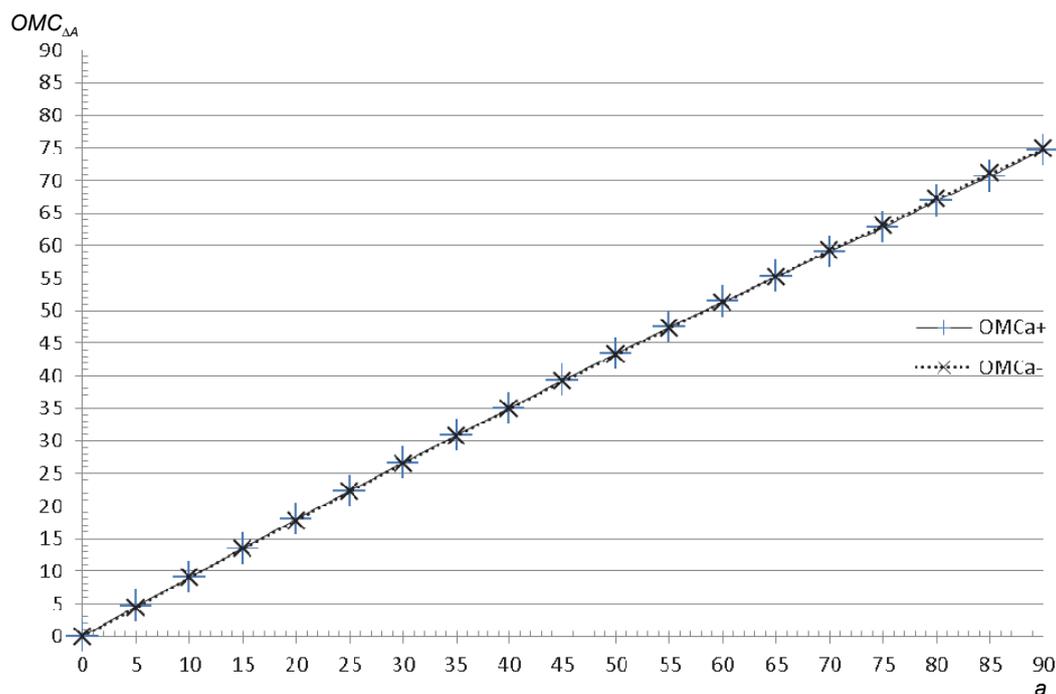


Рисунок 4 - Соответствие показаний азимутальной шкалы СПБЗ геометрически рассчитанному углу  $\alpha$  (изменение отсчётов азимутальной шкалы в обе стороны)

Лазерным дальномером измерялось расстояния от искусственного горизонта до меток дважды отражённого лазерного луча, полученные величины переводились в угловые значения  $\Delta h$  по формуле (2), и сопоставлялись с показаниями разносно азимутальной шкалы  $ОМС_{\Delta A}$ , полученные данные были обработаны и по ним построены таблицы 3,4 и рисунок 5.

Таблица 3 - Изменения высоты дважды отраженного светила при изменении его азимута от 0 до +90°

i	ОС <sub>ai</sub>	ОС <sub>Ho</sub>	Геометрические измерения		
			H	R	$\Delta h$
0	0°00',0	1,378	1,382	3,914	0,059
1	5°00',0	1,378	1,381	3,923	0,044
2	10°00',0	1,378	1,403	3,926	0,365
3	15°00',0	1,378	1,441	3,928	0,919
4	20°00',0	1,378	1,492	3,929	1,662
5	25°00',0	1,378	1,552	3,929	2,536
6	30°00',0	1,378	1,627	3,929	3,626
7	35°00',0	1,378	1,711	3,929	4,844
8	40°00',0	1,378	1,805	3,929	6,203
9	45°00',0	1,378	1,909	3,925	7,705
10	50°00',0	1,378	2,031	3,923	9,450
11	55°00',0	1,378	2,151	3,922	11,150
12	60°00',0	1,378	2,282	3,928	12,961
13	65°00',0	1,378	2,429	3,927	14,983
14	70°00',0	1,378	2,585	3,930	17,073
15	75°00',0	1,378	2,745	3,928	19,189
16	80°00',0	1,378	2,915	3,930	21,360
17	85°00',0	1,378	3,105	3,926	23,744
18	90°00',0	1,378	3,281	3,927	25,855

Таблица 4 - Изменения высоты дважды отраженного светила при изменении его азимута от 0 до -90°

i	ОС <sub>ai</sub>	ОС <sub>Ho</sub>	Геометрические измерения		
			$\Delta H$	R	$\Delta h$
0	-0°00',0	1,378	1,376	3,914	-0,029
1	-5°00',0	1,378	1,381	3,916	0,044

Продолжение таблицы 4

i	OC <sub>ai</sub>	OC <sub>Ho</sub>	Геометрические измерения		
			$\Delta H$	R	$\Delta h$
0	-0°00',0	1,378	1,376	3,914	-0,029
2	-10°00',0	1,378	1,408	3,916	0,439
3	-15°00',0	1,378	1,431	3,919	0,775
4	-20°00',0	1,378	1,476	3,917	1,433
5	-25°00',0	1,378	1,536	3,917	2,310
6	-30°00',0	1,378	1,603	3,916	3,288
7	-35°00',0	1,378	1,685	3,915	4,484
8	-40°00',0	1,378	1,778	3,916	5,832
9	-45°00',0	1,378	1,888	3,915	7,422
10	-50°00',0	1,378	2,003	3,912	9,077
11	-55°00',0	1,378	2,136	3,906	10,982
12	-60°00',0	1,378	2,262	3,907	12,749
13	-65°00',0	1,378	2,402	3,905	14,694
14	-70°00',0	1,378	2,556	3,900	16,807
15	-75°00',0	1,378	2,711	3,898	18,879
16	-80°00',0	1,378	2,870	3,896	20,955
17	-85°00',0	1,378	3,045	3,893	23,181
18	-90°00',0	1,378	3,236	3,893	25,514

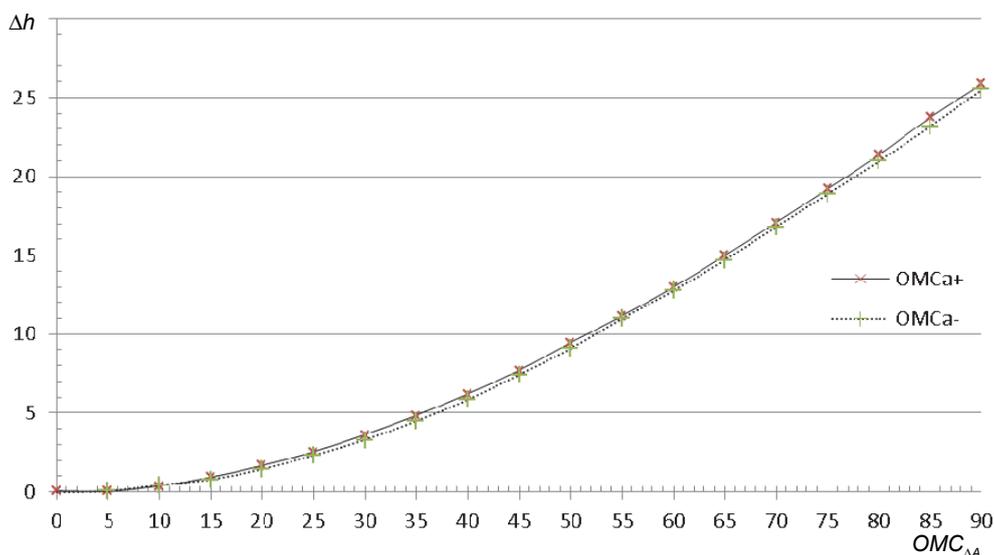


Рисунок 5 - Изменение высоты дважды отражённого искусственного светила от азимутального угла (изменение отсчётов азимутальной шкалы в обе стороны OMCa-, OMCa+) СПБЗ при исходной разности высот 0° (360°)

Подводя итог выполненных задач, нужно отметить, что отсчётно-стопорное устройство алидады высот покажет отсчёт  $\Delta h'$  наблюдаемых светил, а отсчётно-стопорное устройство разности азимутов покажет отсчёт  $\Delta \alpha'$ . Отсчёты  $\Delta h'$  и  $\Delta \alpha'$  в свою очередь будут являться углами, к которым нужно применить поправки для получения истинной разности высот  $\Delta h$  и истинной разности азимутов  $\Delta A$ . В будущем необходимо рассчитать поправки СПБЗ при различных высотах, как аналитическим, графо-аналитическим и практическим способами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бабич, С.И. Техническая доработка секстана с поворотным большим зеркалом / С.И. Бабич // - Научн. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2016. -№3-4. -С. 71-74.  
 2 Сичкарёв, В.И. Направления совершенствования секстана для измерения разностей высоты и азимута / В.И. Сичкарёв // Судовождение-2016: сб. науч. тр. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. универ. водн. трансп., 2016. -С. 40-53.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** секстан с большим поворотным зеркалом, метод обратных измерений  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Бабич Сергей Игоревич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Дьячков Леонид Валерьевич, 3-ий помощник капитана ОАО «САСКО»  
 Солюянов Егор Владимирович, матрос 1-го класса ОАО «САСКО»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 694620, Сахалинская область, г.Холмск, ул.Победы, 18а, ОАО «САСКО»

## ВЫГОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ СВЕТИЛ ПО ИХ РАЗНОСТЯМ ВЫСОТ И АЗИМУТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.И. Бабич

FAVORABLE CONDITIONS FOR OBSERVATION PLANNING STARS IN THEIR DIFFERENCES OF ALTITUDES AND AZIMUTHS  
Siberian state university of water transport  
S.I. Babich

The dependence of the apparent angle between the two luminaries and the difference between the azimuth of the same luminaries in their different heights is examined in this article.

Keywords: *astronavigation method measuring, differences between altitudes and azimuths*

Рассмотрена зависимость видимого угла между двумя светилами и разность азимутов тех же светил при их разных высотах.

В астронавигации условия наблюдения считаются выгодными, если угол пересечения линий положения близок к  $90^\circ$ , а градиенты навигационных параметров – больше. Это условие будет выполняться в астронавигационном методе разности высот и разности азимутов двух светил [1] при следующих условиях:

- расположение светил примерно по одинаковой высоте;
- высота светил более  $45^\circ$ ;
- разность азимутов светил более  $60^\circ$ .

Если с выбором нижнего светила по минимальной высоте  $45^\circ$  не составит никаких проблем, то вопрос о совмещении двух светил на большом разностно-азимутальном расстоянии остаётся открытым.

В мореходной астрономии принято звёздное небо и планету Земля принимать за сферы, то исходя из этого, чем дальше от плоскости математического горизонта по направлениям отвесной линии, тем длины дуг малых кругов сферы меньше. А это значит, что видимый угол между двумя светилами, находящимися ближе к полюсам, будет меньше, чем реальная разность азимутов двух светил  $\Delta A$  (рисунок 1).

Пусть наблюдаются два светила: А – верхнее, В – нижнее. Вертикалы этих светил  $ZAan$  и  $ZBbn$  соответственно. Разность азимутов этих светил есть отрезок дуги истинного горизонта (большого круга)  $ba = \Delta A$ , которая одновременно является и мерой двугранного угла между вертикалами светил, то есть угла  $Ob = \Delta A$ . Дуга альмукантарата светила В – это отрезок дуги малого круга  $BA''$ .

Для наблюдателя, находящегося в центре небесной сферы (точка О), хорда  $BA''$  видна под углом  $\Delta\alpha$ .

Разность азимутов, в свою очередь, рассчитывается по формуле

$$\Delta A = 2 \arcsin \frac{\sin(\Delta\alpha/2)}{\cos h}, \quad (1)$$

где  $h$  – высота нижнего светила, измеряемая секстаном либо рассчитываемая по формуле

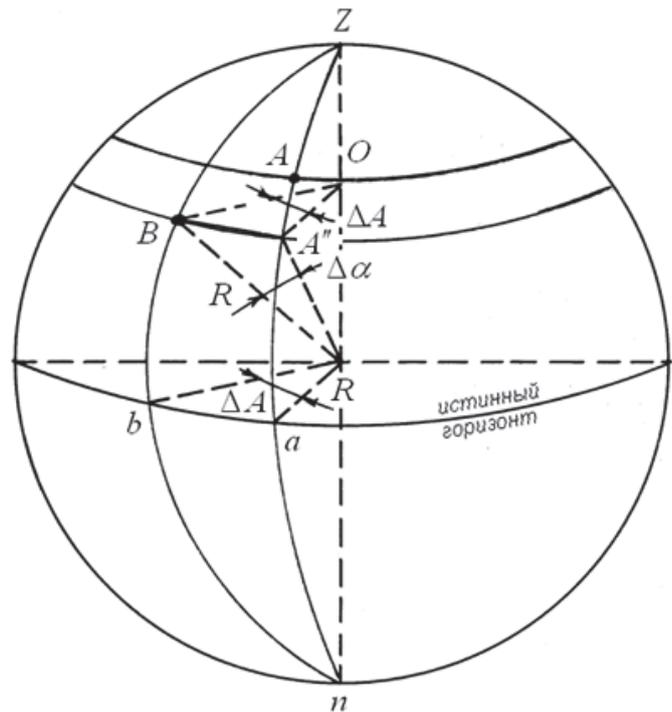


Рисунок 1 - Геометрическое определение измеряемого горизонтального навигационного параметра  $\Delta\alpha$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos(t_{ap} \pm \lambda_w^E), \quad (2)$$

со счислимыми координатами судна  $\varphi$ ,  $\lambda$  и эфемеридами светила на момент наблюдения [2].

Поэтому выбор светил, расположенных в соответствии и выше установленных норм по выбору светил для определения места судна по РВЛП и РАЛП, ускоряет процесс совмещения светил, что тем самым упрощает использование метода. Рисунок 2, построенный по формуле (1), показывает, как будет меняться видимый угол между двумя светилами  $\Delta\alpha$  от их разности азимутов  $\Delta A$  при различных высотах. На рисунке 2 взяты высоты светил  $h_c$  от  $45^\circ$  до  $80^\circ$ , шаг  $5^\circ$ .

На рисунке 2 видно, что при высотах двух светил около  $60^\circ$  условие разности азимутов двух светил  $60^\circ$  будет выполняться при видимом угле между светилами в  $30^\circ$ .

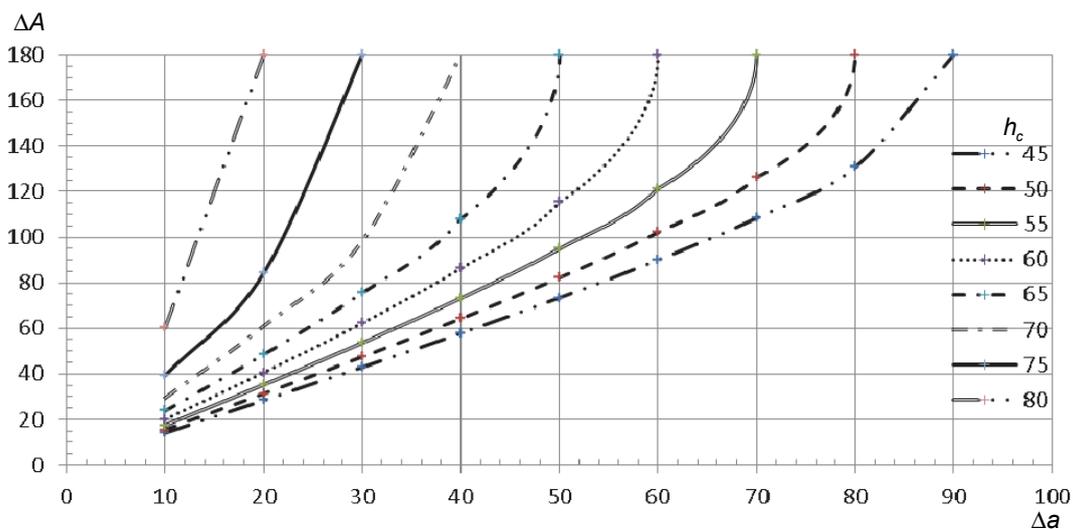


Рисунок 2 - Зависимость видимого угла между светилами от высоты их расположения

При планировании наблюдений будет удобно пользоваться рисунком 2, рассчитав заранее высоту нижнего светила, можно будет выставить угол положения большого зеркала равным видимому углу между ожидаемыми светилами, что значительно уменьшит необходимое количество времени для снятия навигационных параметров. Знание функциональной связи между измеряемым горизонтальным углом навигационного параметра  $\Delta\alpha$  с разностью азимутов  $\Delta A$  и с высотой нижнего светила  $h_b$  даёт возможность выбрать наиболее выгодные навигационные светила без предварительного планирования наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сичкарёв, В.И. Выгодные условия наблюдения светил / В.И. Сичкарёв // Судовождение-2016: сб. науч.тр. Сиб. гос. унив. водн. трансп. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2016. -С. 3-15.
- 2 Сичкарёв, В.И. Влияние погрешности индикации вертикала на точность обсервации по разностям высот и азимутов/ В.И. Сичкарёв // Судовождение-2016: сб. науч.тр. Сиб. гос. унив. водн. трансп. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2016. -С. 24-41.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** астронавигационный метод измерения, разность высот и азимутов  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** Бабич Сергей Игоревич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ООО «Сибирская экспертная компания»  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Т.А. Ельчанинов, Д.А. Ельчанинов, Л.В. Пахомова, В.А. Шарутина**

**USE METAL MAGNETIC MEMORY METHOD FOR THE EXAMINATION OF LIFTING EQUIPMENT**

Siberian expert company

Siberian state university of water transport

T.A. El'chaninov, D.A. El'chaninov, L.V. Pakhomova, V.A. Sharutina

Metal magnetic memory method registers the distribution of their own magnetic fields of dispersion and reflects the changing structure of the material. It allows you to determine the defects in the very beginning of development.

*Keywords: examination of technical condition, the magnetic memory of metal, technical diagnosis, defect, lifting equipment, bearing steel, unbrakable control*

Магнитный метод памяти металла регистрирует распределение магнитных полей и отражает изменение структуры материала, что позволяет определить дефекты в самом начале их развития.

Регулярное диагностирование грузоподъемных кранов, относящихся, согласно [1], к подъемным сооружениям позволят выделить наиболее часто встречающиеся дефекты.

В настоящее время на промышленных предприятиях различного профиля эксплуатируются подъемные сооружения, большая часть которых отработала нормативный срок службы. Дальнейший срок службы подъемных сооружений напрямую зависит от состояния несущих металлоконструкций.

При проведении экспертизы несущих металлоконструкций подъемных сооружений применяют различные методы неразрушающего контроля.

Традиционные методы неразрушающего контроля обнаруживают уже развитые дефекты и не дают возможности предотвратить возможные усталостные повреждения.

Для несущих металлоконструкций подъемных сооружений более важным будет определение мест возможного появления неисправности на ранней стадии их развития.

Одним из методов неразрушающего контроля является метод магнитной памяти металла, базирующийся на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеивания, определяющие зоны концентрации напряжений, дефектов, неоднородности структуры.

В отличие от других метод магнитной памяти металлов применим для любых металлоконструкций подъемных сооружений, включая проволочные канаты, и не требует специальной подготовки. При исследовании отражаются изменения структуры металла, энергетическое состояние конструкции. Возможно, определить дефекты в самом начале их развития.

Магнитной памятью металла объективно оценивает напряженно-деформированное состояние металла.

На сегодняшний день большинство различных предприятий имеют подъемные сооружения, отработавшие нормативный срок службы. Магнитная память металла позволяют предсказать развитие наиболее распространенных дефектов на кромках верхнего пояса несущих балок, местах стыковки подтележного рельса, в соединении концевых и главных балок. Ранее обнаружение дефектов позволяют разработать меры их дальнейшего развития.

К конструктивно-технологическим элементам подъемных сооружений, относящихся к ежесменному осмотру включаются: проволочные канаты, как подъемные, так и тяговые. Контроль технического состояния этих элементов должны проводиться в строгом предписании руководящих документов [1, 2]. Это весьма трудоемкая операция, связанная с соблюдением мер безопасного проведения работ. Длина канатов подъемных сооружений составляет от нескольких метров до нескольких километров.

Одним из методов, исключаящим все вышеперечисленные сложности, является магнитная память металла. Обследование канатов может проводиться с достаточно высокой скоростью – до 0,2 м/с. Применение метода не требует специальных приспособлений и какой-либо подготовки поверхности.

Использование метода магнитной памяти металла экономит время на экспертизу технического состояния подъемных сооружений, расход эксплуатационных материалов, и сохранить требуемую работоспособность и безопасность использования машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используется подъемные сооружения» (Приказ Ростехнадзора №146 от 12.04.2016).

2 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Приказ Ростехнадзора №533 от 12.11.2013).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *экспертиза технического состояния, магнитная память металла, техническая диагностика, дефект, грузоподъемное оборудование, подшипниковая сталь, неразрушающий контроль*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Ельчанинов Тимофей Александрович, начальник отдела ООО «Сибэк»  
Ельчанинов Даниил Александрович, эксперт ООО «Сибэк»  
Пахомова Людмила Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Шарутина Вера Александровна, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630015, г.Новосибирск, пер.Комбинатский, 3, ООО «Сибэк»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ САМОРЕГЕНЕРИРУЮЩИХСЯ ОЧИСТИТЕЛЕЙ, ОСНАЩЕННЫХ ТКАНЫМИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

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

**С.П. Бойко**

### **SIMULATION OF SELF-RECOVERING EFFICIENCY OF COURTS CLEANER EQUIPPED FABRIC FILTER MATERIALS**

Maritime state university named after G.I.Nevelskoi

S.P. Boyko

The methodology for calculating the fractional rate and completeness of dropouts of woven filtering grids of plain weave with an outer detaining portion has been given. On the basis of the deposition sieve and actions of major dropout mechanisms, the separation ability of filtering materials with a regular pore structure has been identified. Dependencies the completeness for calculation the of the efficiency of woven mesh grids of PN type while filtering of the dispersion medium from insoluble particles, the size (diameter) of which is distributed by the Weibull laws and logarithmic-normal, have been given.

*Keywords: simulation of the efficiency of filters, woven filtering grids, filtering materials, self-recovering filters, cleaning of fuels and oils*

Приведена методика расчета фракционного коэффициента и полноты отсева тканых фильтровальных сеток полотняного переплетения с наружным задерживающим участком. Идентифицирована на основе ситового осаждения и действия основных механизмов отсева разделительная способность фильтровальных материалов с регулярной поровой структурой. Предложены зависимости для расчета эффективности сеток типа ПН при фильтровании дисперсионной среды с нерастворимыми частицами, размер (диаметр) которых распределен по законам Вейбулла и логарифмически нормальному.

В последние годы для очистки топлив и смазочных материалов на судах широкое применение получили саморегенерирующиеся фильтры (СРФ) с непрерывным и периодическим режимами удаления шлама (отложений). Промывка их фильтрующих элементов (ФЭ) осуществляется обратным потоком очищаемой жидкости [1, 2]. С целью интенсификации процессов фильтрования и регенерации, увеличения продолжительности работы СРФ между химическими мойками в этих очистителях в качестве фильтровальных материалов используются тканые сетки полотняного переплетения [3, 4].

Тканые фильтровальные сетки (ТФС) рассматриваемого переплетения хорошо себя зарекомендовали при очистке топлив от механических загрязнений широкого фракционного и группового составов и моторных масел с разным уровнем моюще-диспергирующих и стабилизирующих свойств [5]. Особенно эффективны по фильтровальной и регенерирующей способности ТФС типа ПН с наружным задерживающим участком, располагаемом на поверхности тканого материала.

Самое узкое сечение фильтровального канала в этих сетках располагается не внутри, как у ТФС типа ОПН, а снаружи. Это способствует хорошей регенерации ФЭ, использующих этот фильтровальный материал. Осаждаемые на его поверхности отфильтровываемые загрязнения легко удаляются обратным потоком промывной жидкости, что сказывается на продолжительности работы СРФ без обслуживания.

Идентификация задерживающей способности сеток типа ОПВ с внутренним задерживающим участком осуществлена в работах [6, 7], но для оценки эффективности ТФС типа ПН она не применима. Необходима разработка методики расчета фракционного коэффициента и полноты отсева сеток с наружным задерживающим участком. Рассматриваемая статья как раз и посвящена решению этой задачи.

В сетке типа ПН самое узкое сечение фильтровального канала, как уже отмечалось, располагается на ее поверхности. Он формируется пересечением уточных нитей (проволок) с проволокой основы и представляет форму П-образной щели (рисунок 1). Особенностью этого фильтровального канала является то, что его абсолютная тонкость отсева соответствует диаметру уточной нити  $\Delta = d_y$ . При ширине  $b = \Delta$  канала прямоугольной формы его длина соответствует полушагу  $a = T_o/2$  расположения нитей основы. Более точное значение размера  $a$  рассчитывается через диаметры нитей основы  $d_o$  и утка  $d_y$  с учетом половинного угла  $\beta$  перекрестия уточных нитей

$$a = \frac{T_o}{2} \cos \beta + \frac{d_o + d_y}{2} \sin \beta.$$

Для канала П-образной формы существенное значение на формирование фильтровальной характеристики ТФС оказывает размер  $d_y$ . Так как он значительно меньше полушага  $T_o/2$ , то при расчете номинальной тонкости и полноты отсева сетки необходимо учитывать закон распределения  $f(d_y)$ , обусловленный технологией ее изготовления и возможными отклонениями размера  $b$  (рисунок 1).

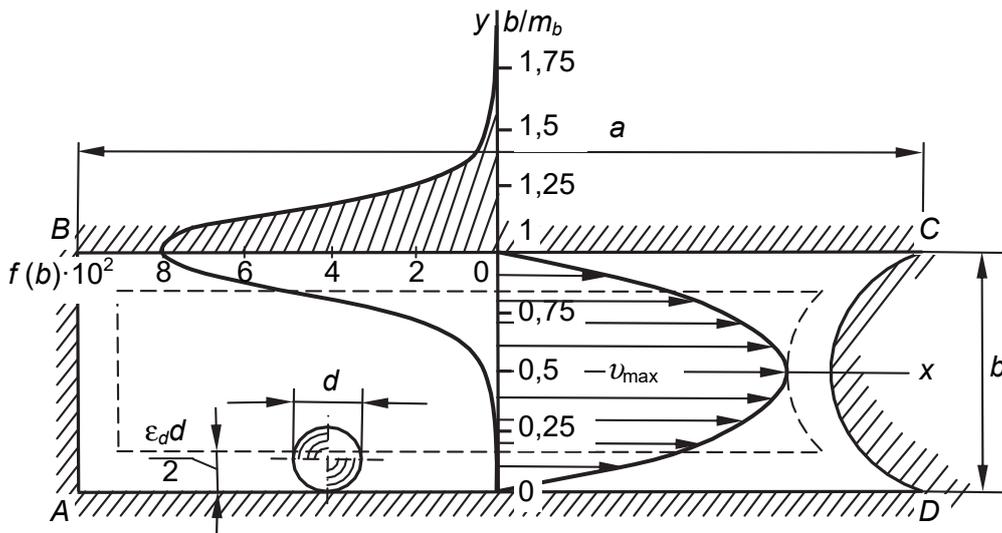


Рисунок 1 – Модель ТФС с наружным задерживающим участком

Опираясь на изложенную в работе [6] концепцию идентификации задерживающей способности поры произвольной конфигурации, рассмотрим отсев частиц дисперсной фазы (ДФ) при движении суспензии через канал, сечение которого имеет прямоугольную форму. Для ламинарного установившегося движения вязкой жидкости с малыми скоростями через такие капилляры (поры) справедливо уравнение Стокса в частных производных второго порядка [8]

$$\nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p_{фм}}{\mu h_{фм}} \quad (1)$$

Согласно (1), распределение скорости  $v$  в сечении капилляра соответствует

$$v = \frac{\Delta p_{фм} S_n(x, y)}{\mu h_{фм} \nabla S_n^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta p_{фм}$  – перепад давлений на ТФС, Па;

$h_{фм}$  – толщина сетки, м;

$\mu$  – вязкость фильтрата, Па·с;

$S_n(x, y)$  – уравнение, описывающее контур поры прямоугольной формы;

$\nabla S_n^2$  – лапласиан от  $S_n$  в плоскости  $Oxy$  (см. рисунок 1)

$$\nabla S_n^2 = \frac{\partial^2 S_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S_n}{\partial y^2}.$$

Для течения жидкости в прямоугольной поре составим произведение уравнений ее сторон, обращаемое в ноль по П-образному контуру

$$S_n(x, y) = \left(x^2 - \frac{a^2}{4}\right) \left(y^2 - \frac{b^2}{4}\right) = 0.$$

На основе (2) получим выражение для расчета локальной скорости потока через фильтровальный прямоугольник ABCD (рисунок 1):

$$v = \frac{\Delta p_{\text{фм}} (4x^2 - a^2)(4y^2 - b^2)}{\mu h_{\text{фм}} (a^2 + b^2 - 4x^2 - 4y^2)}. \quad (3)$$

Фракционный коэффициент отсева ТФС, состоящей из монокапилляров с одинаковой формой сечения канала в виде прямоугольника, можно записать через соотношение полного (загрязненного)  $Q_s$  и осветленного  $Q_{sd}$  потока, из которого полностью удаляются частицы ДФ размера  $d$

$$\varphi_{d(ab)} = 1 - \frac{Q_{sd}}{Q_s} = 1 - \frac{\int_0^{\frac{a-b}{2}} \int_0^{\frac{b-d}{2}} \frac{(4x^2 - a^2)(4y^2 - b^2)}{a^2 + b^2 - 4x^2 - 4y^2} dy dx}{\int_0^{\frac{a}{2}} \int_0^{\frac{b}{2}} \frac{(4x^2 - a^2)(4y^2 - b^2)}{a^2 + b^2 - 4x^2 - 4y^2} dy dx}. \quad (4)$$

Интегрирование уравнения (4) позволяет определить фракционный коэффициент отсева при условии действия ситового эффекта отфильтровывания загрязнений и дополнительного их удаления за счет касания частиц ДФ ложа поры. Вторичный унос отложившихся частиц не учитывается. Делается допущение, что частицы ДФ при прохождении поры движутся по линии тока жидкости (фильтрата). В реальных условиях фильтрования, кроме указанных эффектов отсева, могут действовать другие механизмы осаждения частиц, которые отклоняют траекторию их движения от линий тока жидкости.

Такие механизмы отсева как адгезионный захват, седиментация, электрокинетическое (химмотологическое) и гидродинамическое воздействие увеличивают интенсивность их осаждения или вызывают вторичный унос частиц, что приводит к расширению или сужению зоны  $S_d$ . По фракционному коэффициенту отсева, его значение в этом случае может быть больше или меньше величины  $\varphi_d$ , рассчитываемой по формуле (4), учитывает только ситовое отсеивание и отфильтровывание частиц из-за касания ими ложа поры при движении в потоке.

Все эти явления предлагается учитывать введением в формулу (4) ограничений пределов интегрирования числителя. Для этой цели верхние пределы интегрирования необходимо корректировать посредством безразмерной координаты отсева  $\varepsilon_d$  до значений  $(a - \varepsilon_d d)/2$  и  $(b - \varepsilon_d d)/2$ .

Величина  $\varepsilon_d$  изменяет толщину пристенного потока поры, из которого частицы могут полностью осаживаться при прохождении дисперсионной среды через рассматриваемую поровую структуру. Параметр  $\varepsilon_d$  может быть как больше единицы при усилении адгезионного захвата и меньше, когда наблюдается вторичный унос частиц потоком или при преобладании сил отталкивания их от ложа поры из-за электрокинетического воздействия двойных электрических слоев, которыми обволакивается ДФ и пора при наличии в фильтровальной среде полярноактивных веществ.

Для расчета  $\varepsilon_d$  предлагается использовать следующую зависимость [5]

$$\varepsilon_d = 1 - \exp\left(-\frac{\bar{\Delta}^{0,29} \bar{h}_{\text{фм}}^{0,46}}{M_{\text{ДДС}}^{0,78} \text{Re}_b^{0,05}}\right),$$

где  $M_{\text{ДДС}}$  – диспергирующе-стабилизирующая способность фильтруемой среды (масла), определяемая по методике [7];

$Re_b$  – критерий Рейнольдса, рассчитываемый через определяющий размер поры  $b$ ;

$\bar{\Delta}, \bar{h}_{фм}$  – значение тонкости отсева и толщины материала сеток (представляется в относительных единицах через диаметр  $d$  частиц ДФ).

Используя скорректированные посредством  $\varepsilon_d$  верхние граничные условия для  $x = (a - \varepsilon_d d)/2$  и  $y = (b - \varepsilon_d d)/2$  числителя, интегрированием выражения (4) получаем формулу для расчета фракционного коэффициента отсева частиц диаметром  $d$  при прохождении суспензии через каналы прямоугольной формы с размерами  $a \times b$

$$\varphi_{d(ab)} = \left(\frac{2}{a^2} + \frac{2}{b^2}\right)(\varepsilon_d d)^2 - \left(\frac{2}{3a^3} + \frac{4}{3b^3} + \frac{2}{a^2 b}\right)(\varepsilon_d d)^3 + \left(\frac{1}{3b^4} + \frac{2}{3a^3 b}\right)(\varepsilon_d d)^4. \quad (5)$$

Анализ влияния геометрии ТФС на фракционный коэффициент отсева указывает на превалирующую роль в формировании задерживающей способности сеток параметра  $b$  вследствие того, что в тканых фильтровальных материалах рассматриваемого класса  $b$  значительно меньше  $a$ . Поэтому параметр  $b$ , с учетом его отклонения от среднего размера, определяет не только тонкость отсева, но и интегральную фракционную задерживающую способность сеток  $\varphi_{dф}$ . В большинстве случаев параметр  $b$  распределен по нормальному закону  $f(b) \in N(m_b, \sigma_b)$ , дифференциальная функция (плотность) распределения которой с довольно низким значением  $\sigma_b$  показана на рисунке 1. Отклонением размера  $a$  от математического ожидания можно пренебречь из-за малого влияния его на коэффициент отсева.

Обобщенный коэффициент отсева ТФС по наружному задерживающему участку при  $b$ , дифференциальная функция распределения которого показана на рисунке 1, и  $a = const$  может быть рассчитан по формуле

$$\varphi_{dф} = \frac{\int_{b_{\min}}^{b_{\max}} \varphi_{d(ab)} b^2 \exp\left[-\frac{b - m_b}{\sqrt{2}\sigma_b}\right] db}{\sqrt{2\pi}\sigma_b (m_b^2 + \sigma_b^2)}. \quad (6)$$

Подставкой в (6)  $\varphi_{d(ab)}$ , определяемого по (5), выведено уравнение для расчета задерживающей способности ТФС с учетом отклонений параметра  $b$  от среднего его значения. По результатам интегрирования (6) с аппроксимацией некоторых промежуточных решений специальными функциями получено окончательное выражение для расчета  $\varphi_{dф}$  в следующем виде

$$\begin{aligned} \varphi_{dф} = & \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \frac{d - m_b}{\sqrt{2}\sigma_b}\right) + \left[\left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^2 + \frac{(\varepsilon_d d)^2}{m_b^2 + \sigma_b^2} - \frac{1}{3} \left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^3 - \frac{m(\varepsilon_d d)^3}{a^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} - \right. \\ & \left. - \frac{2(\varepsilon_d d)^3}{3m_b(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{m_b(\varepsilon_d d)^4}{3a^2(m_b^2 + \sigma_b^2)}\right] \left(1 - \operatorname{erf} \frac{d - m_b}{\sqrt{2}\sigma_b}\right) - \left\{2\left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^3 - \frac{2}{3}\left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^4 - \right. \\ & \left. - \frac{d + m_b}{a} \left[2\left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^2 - \frac{2}{3}\left(\frac{\varepsilon_d d}{a}\right)^3 - 1\right]\right\} \frac{a\sigma_b \exp\left[-\left(\frac{d - m_b}{\sqrt{2}\sigma_b}\right)^2\right]}{\sqrt{2\pi}(m_b^2 + \sigma_b^2)} - \frac{2(\varepsilon_d d)^3}{3m_b(m_b^2 + \sigma_b^2)} \times \\ & \times \left(1 - \operatorname{erf} \frac{d - m_b}{\sqrt{2}\sigma_b}\right) + \left(\frac{1}{6} - \frac{3\sigma_b^3}{m_b^3}\right) \frac{(\varepsilon_d d)^4}{m_b^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} \left[1 - \operatorname{erf} \frac{d - m_b + 5m_b\left(\frac{\sigma_b}{m_b}\right)^{\frac{5}{2}}}{\sqrt{2}\sigma_b}\right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Полнота отсева для ДФ, заданной любым законом распределения  $F(d)$ , при выражении  $\varphi_{dф}$  по (7) может быть рассчитана численными методами по формуле

$$\varphi_{ф} = \int_0^{\infty} \varphi_{dф} F(d) dd. \quad (8)$$

Для практических целей при задании состава ДФ распределением Вейбулла с параметрами формы  $p_d = 1,5-2,5$  и масштаба  $b_d$  рекомендуется использование формул

$$\varphi_{\Phi} = 2\left(\frac{\varepsilon_d b_d}{a}\right)^2 + 2\frac{(\varepsilon_d b_d)^2}{m_b^2 + \sigma_b^2} - \left[ \frac{\sqrt{\pi}(\varepsilon_d b_d)^3}{2\left(\frac{\varepsilon_d b_d}{a}\right)} + \frac{\sqrt{\pi}(\varepsilon_d b_d)^3}{m_b(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{3\sqrt{\pi}m_b(\varepsilon_d b_d)^2}{2a^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} \right] \times$$

$$\times \operatorname{erf} \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d b_d} + \frac{2(\varepsilon_d b_d)^4}{3m_b^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{4m_b(\varepsilon_d b_d)^4}{3a^3(m_b^2 + \sigma_b^2)} - \left\{ \left( \frac{2}{3m_b^2} + \frac{m_b}{3a^2} - \frac{1}{a^2} \right) (\varepsilon_d b_d)^2 + \right.$$

$$\left. + \left[ \frac{2}{3m_b^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{4m_b}{3a^3(m_b^2 + \sigma_b^2)} \right] (\varepsilon_d b_d)^4 \right\} \exp \left[ - \left( \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d b_d} \right)^2 \right]; \quad (9)$$

$$\varphi_{\Phi} = 2\left(\frac{\varepsilon_d b_d}{a}\right)^2 + 2\frac{(\varepsilon_d b_d)^2}{m_b^2 + \sigma_b^2} - \frac{\sqrt{\pi}(\varepsilon_d b_d)^3}{2\left(\frac{\varepsilon_d b_d}{a}\right)} + \frac{\sqrt{\pi}(\varepsilon_d b_d)^3}{m_b(m_b^2 + \sigma_b^2)} -$$

$$\frac{3\sqrt{\pi}m_b(\varepsilon_d b_d)^3}{2a^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{2(\varepsilon_d b_d)^4}{3m_b^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{4m_b(\varepsilon_d b_d)^4}{3a^3(m_b^2 + \sigma_b^2)}. \quad (10)$$

Уравнения (9) и (10) получены с преобразованием зависимости (7) для возможности выражения интеграла (8) через специальные функции. Применение (10) допустимо при расчете коэффициента полноты отсева тонкодисперсной фазы загрязнений, если  $(m_b + \sigma_b)/b_d \geq 2$ .

В случае аппроксимации ДФ загрязнителя логарифмически нормальным распределением, где  $d_m$  – медиана,  $v_d$  – среднеквадратичное отклонение, решение (8) с учетом использования формулы (7) выразится следующим образом

$$\varphi_{\Phi} = \left[ \left( \frac{\varepsilon_d d_m}{a} \right)^2 + \frac{(\varepsilon_d d_m)^2}{m_b^2 + \sigma_b^2} \right] \exp(2\sigma_b^2) \left( 1 + \operatorname{erf} \frac{\ln \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d d_m} - 2v_d^2}{\sqrt{2}v_d} \right) - \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{\varepsilon_d d_m}{a} \right)^3 + \right.$$

$$\left. + \frac{m_b(\varepsilon_d d_m)^3}{a^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \frac{2(\varepsilon_d d_m)^3}{3m_b(m_b^2 + \sigma_b^2)} \right] \exp\left(\frac{9}{2}v_b^2\right) \left( 1 + \operatorname{erf} \frac{\ln \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d d_m}}{\sqrt{2}v_d} \right) +$$

$$\left\{ \frac{m_b(\varepsilon_d d_m)^4}{3a^3(m_b^2 + \sigma_b^2)} + \left[ \frac{1}{6} + 3\left(\frac{\sigma_b}{m_b}\right)^3 \right] \frac{(\varepsilon_d d_m)^4}{m_b^2(m_b^2 + \sigma_b^2)} \right\} \exp(8v_b^2) \times$$

$$\times \left( 1 + \operatorname{erf} \frac{\ln \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d d_m} - 4v_d^2}{\sqrt{2}v_d} \right) + \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{erf} \frac{\ln \frac{m_b + \sigma_b}{\varepsilon_d d_m}}{\sqrt{2}v_d} \right). \quad (11)$$

Возможности моделей, разработанных при упрощенном подходе, довольно высоки (рисунок 2 и таблица). Соответствие полученным по ним значениям  $\varphi_{\text{эф}}$  и  $\varphi_{\Phi}$  опытным данным и результатам расчета численными методами хорошее.

Моделирование эффективности ТФС показала, что расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями  $\varphi_{\text{эф}}$  и  $\varphi_{\Phi}$  не превышало в приведенных примерах 12% и обусловлено в основном точностью идентификации  $\varepsilon_d$  и  $F(d)$ .

На рисунке 2 показано, как увеличение разброса параметра  $b$  от среднего его значения сказывается на величине  $\varphi_{\text{эф}}$ . С учетом  $\sigma_b$  эффективность удаления крупнозернистой фазы загрязнений резко падает. Поэтому для полнопоточных маслоочистителей ДВС при  $m_b = 25\text{--}40$  мкм предпочтения отдается ТФС с регулярной поровой структурой – со значениями  $\sigma_b < 5$  мкм.

Разработанная методика позволяют не только рассчитывать задерживающую способность ТФС типа ПН, но и определять стратегию использования тканых материалов в различных очистительных комплексах ДВС с целью интенсификации фильтрования и полной защиты пар трения двигателя от крупных частиц механических примесей. Выведенные на основе упрощенных моделей зависимости для  $\varphi_{\text{эф}}$  и  $\varphi_{\Phi}$  целесообразно использовать в ин-

женерных расчетах при проектировании маслоочистительных комплексов ДВС и оценке их эффективности. Кроме того, они важны для расчета регенерирующей способности СРФ [9,10], которая наиболее эффективна у маслоочистителей, использующих ТФС типа ПН.

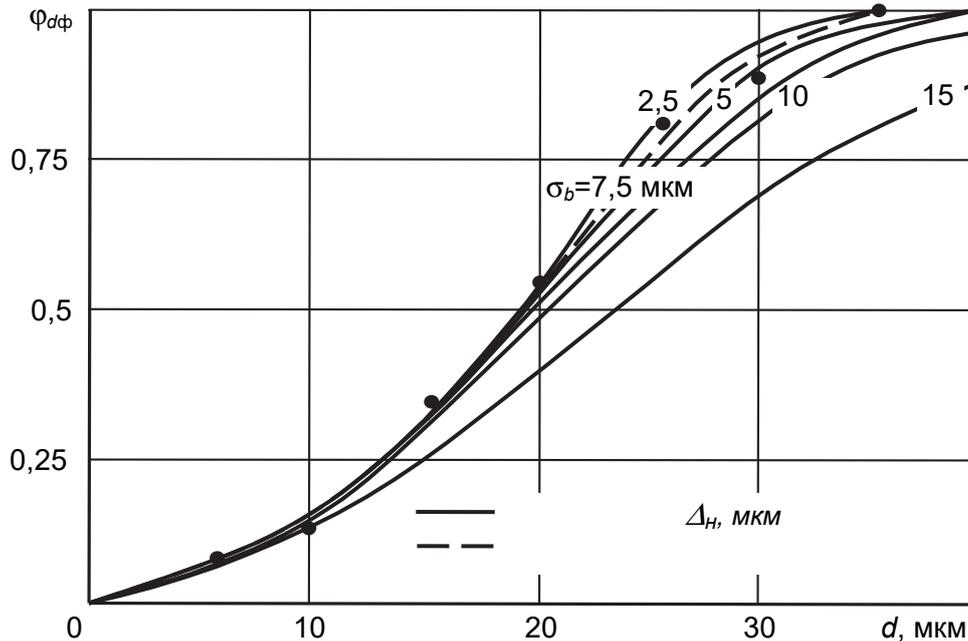


Рисунок 2 – Фильтровальные характеристики ТФС с наружным задерживающим участком ( $m_b = 30$  мкм,  $\sigma_b = 2,5-15$  мкм,  $a = 90$  мкм)

Таблица – Полнота отсева ТФС с наружным задерживающим участком, %

Фильтровальная сетка	Загрязнитель			
	$d_m = 11,6$ мкм, $v_d = 0,85$	$d_m = 5,5$ мкм, $v_d = 0,7$	$b_d = 3,2$ мкм, $\rho_d = 1,7$	$b_d = 0,8$ мкм, $\rho_d = 1,4$
Синтетическая полотняного переплетения: $m_b = 25$ мкм, $\sigma_b = 3,1$ мкм	$\frac{29,8}{28,7 \pm 2,5}$	$\frac{8,7}{8,5 \pm 0,6}$	$\frac{1,48}{1,47 \pm 0,02}$	$\frac{0,08}{0,07 \pm 0,01}$
В-32 фирмы Boll & Kirch: $m_b = 35$ мкм, $\sigma_b = 0,7$ мкм	$\frac{30,1}{29,3 \pm 2,1}$	$\frac{8,8}{8,6 \pm 0,7}$	$\frac{1,49}{1,51 \pm 0,02}$	$\frac{0,08}{0,08 \pm 0,01}$
ПН-240 оптимизированной структуры: $m_b = 50$ мкм, $\sigma_b = 1$ мкм	$\frac{19,4}{20,1 \pm 2,2}$	$\frac{4,7}{5,1 \pm 0,3}$	$\frac{0,74}{0,76 \pm 0,07}$	$\frac{0,04}{0,04 \pm 0,005}$

В числителе приведены данные, полученные расчетом по (9) и (10), в знаменателе – экспериментальные результаты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кича, Г.П. Новые инженерные решения в конструкциях саморегенерирующихся фильтров для очистки топлив и смазочных материалов на судах / Г.П. Кича, Н.К. Пак, // -Морские интеллектуальные технологии. -2013. -№1(спецвыпуск). -С. 56-62.  
 2 Кича, Г.П. Саморегенерирующийся фильтр новой конструкции для очистки топлив и смазочных масел на судах / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Н.К. Пак // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2013. -№1. -С. 203-207.  
 3 Кича, Г.П. Новые тканые материалы для саморегенерирующихся фильтров систем топливо- и маслоочистки судовых энергетических установок / Г.П. Кича, Г.Г. Галстян, В.В. Тарасов // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2009. -№2. -С. 216-220.  
 4 Кича, Г.П. Оптимизация поровой структуры тканых фильтровальных сеток судовых саморегенерирующихся очистителей топлива и масла / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, С.П. Бойко // -Транспортное дело России. -2016. -№3. -С. 133-139.  
 5 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях: монография / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. -Владивосток: изд. Мор. гос. унив., 2011. -372 с.  
 6 Бойко, С.П. Инженерные методы расчета эффективности тканых фильтровальных материалов при очистке топлив и масел на судах / С.П. Бойко, Г.П. Кича // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№4. -С. 146-151.  
 7 Кича, Г.П. Моделирование тонкости и полноты отсева саморегенерирующихся фильтров с ткаными сетками полотняного переплетения при очистке топлив и масел судовых энергетических установок / Г.П. Кича, С.П. Бойко, С.В. Глушков // -Морские интеллектуальные технологии. -2016. -№3(33), -Т.1. -С. 152-159.  
 8 Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газов / Л.Г. Лойцянский. -М.: Высш. Шк., 1982. -685 с.

9 Кича, Г.П. Экспериментальное моделирование эффективности процесса регенерации самоочищающихся фильтров, функционирующих в системах смазки судовых дизелей / Г.П. Кича, С.П. Бойко // -Морские интеллектуальные технологии. -2015. -№3(29), -Т.1. -С. 93-100.

10 Кича, Г.П. Комплексное системное решение проблемы ресурсосберегающего маслоиспользования в судовых дизелях / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, С.В. Глушков // -Морские интеллектуальные технологии. -2016. -№3(33), -Т.1. -С. 118-126.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *моделирование эффективности фильтров, тканые фильтровальные сетки, фильтровальные материалы, саморегенерирующиеся фильтры, очистка топлив и масел*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Бойко Сергей Петрович, 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»*

## **ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА ZL И ZV ФИРМЫ «ЗУЛЬЦЕР»**

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

**В.Н. Кучеров, М.В. Флорианская**

### **IMPROVING THE PERFORMANCE PARTS ENGINE TYPE ZL, ZV «SULZER» COMPANY**

**Maritime state university named after G.I. Nevelskoi**

**V.N. Kucherov, M.V. Florianskaya**

According service result's ZL, ZV «Sulser» diesel engines was reviled not sufficient reliability piston crowns of «Zgoda» made. Crack's in central parts lead to hazards cylinder or engine. According calculations of heat and stress condition of piston crown, modernization of this part was offered.

*Keywords: diesel engine, piston, material, technology, load, reliability, heat condition, mechanical stresses, heat stresses, modernization*

По результатам эксплуатации дизелей ZL, ZV фирмы «Зульцер» выявлена недостаточная надежность головок поршней, отмеченная на дизелях польских лицензиатов фирмы «Згода». Трещины в центральной утолщенной части днища в месте отверстия под монтажный рым приводили к крупным авариям цилиндра или дизеля в целом. Проведены расчеты теплового и напряженного состояния головки поршня. Предложен вариант модернизации головки поршня. Выполнены расчеты напряженного состояния модернизированной головки поршня.

Двигатели типа ZL и ZV фирмы «Зульцер» ряда изготовителей широко используются на различных типах судов во многих судоходных компаниях. Основными изготовителями этих дизелей для отечественного флота являлись компании Згода (Польша) и Вяртсиля (Финляндия). Дизели имеют достаточно высокую форсировку по степени наддува, которой соответствует  $p_{me} = 1,86$  МПа и  $p_{max} = 14,5$  МПа при номинальной мощности, что выдвигает высокие требования к совершенству конструкции, качеству материалов и технологии изготовления деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и в первую очередь к головке вращающегося поршня.

На судах Дальневосточного морского пароходства наибольшее распространение получили дизели фирмы «Вяртсиля-Зульцер» ZV40/48 в 12 и 14-цилиндровом исполнении (суда типа СА15, «Витус Беринг») и 6ZL40/48 фирмы «Згода-Зульцер» (суда типа «Михаил Шолохов»). Двигатели имеют практически одинаковую степень форсирования рабочего процесса:  $(p_{me} c_m)_{ZL} = 1,02(p_{me} c_m)_{ZV}$  и различаются в основном конструктивным исполнением [1, 2].

В начальный период эксплуатации в течение 12 тыс. ч до первой моточистки и технического обслуживания отмечена высокая работоспособность цилиндрических втулок и поршневых колец. Так, на дизелях ZL завода «Згода» на пассажирских судах «Михаил Шолохов» и «Русь» удельный износ цилиндрических втулок не превышал 0,01 мм/тыс. ч. В процессе технического обслуживания четырех дизелей 6ZL40/48 на теплоходе «Михаил Шолохов» после наработки 11 тыс. ч было заменено всего несколько верхних колец. По данным фирмы «Згода-Зульцер» удельный износ цилиндрических втулок дизелей ZL40/48 и ZV40/48 находится в пределах 0,003-0,035 мм/тыс. ч. Средний износ верхних канавок поршней составил 0,002-0,007 мм/тыс. ч. По опыту эксплуатации дизелей 14ZV40/48 фирмы «Вяртсиля-Зульцер», в Дальневосточном морском пароходстве работоспособность цилиндрических втулок и поршневых колец в целом также была высокой. Отдельные случаи повышенной скорости изнашивания поршневых колец носили частный характер и объяснялись низким качеством поршневых колец фирмы «Gella-Ge». Но после проведения первой моточистки стабильно высокой работоспособности поршневых колец и втулок на всех двигателях не удавалось получить.

После наработки дизелями ZL до 16 тыс. ч., а ZV до 25 тыс. ч двигатели показали в целом высокую надежность и хорошие ресурсные показатели. Однако на ряде судов отмечались неоднократные случаи повышенных износов цилиндрических втулок и поршневых колец. Имелись случаи поломок поршневых колец и задиры цилиндрических втулок. Крупным авариям предшествовали перегрев и заклинивание поршня во втулке.

Цилиндрические крышки на двигателях обоих производителей показали высокую работоспособность за весь период эксплуатации.

Практикой технической эксплуатации двигателей типа ZV40/48 и ZL40/48 в Дальневосточном бассейне выявлена пониженная работоспособность головок поршней производства польской фирмы «Згода-Зульцер». Отказы выражались в появлении сквозных трещин и разрушении днища в районе центрального отверстия для ввертывания рыма при демонтаже поршня. Развитие трещин вокруг резьбового отверстия приводит к значительному раскрытию полости охлаждения поршня или отрыву центрального прилива донышка поршня. Последующее выдавливание охлаждающего масла из полости охлаждения приводит к перегреву, заклиниванию поршня и, в конечном итоге, крупной аварии ЦПГ данного цилиндра или двигателя в целом.

Так на теплоходе «Нефтегаз-6» с двумя дизелями 6ZL40/48 из-за разрушения донышка поршня произошло аварийное повреждение поршня и втулки цилиндра №6.

При очередном освидетельствовании еще на двух поршнях со стороны полости охлаждения обнаружены сквозные трещины, выходящие на центральное отверстие. Аналогичный аварийный случай произошел на теплоходе «Юрий Максарев», который привел к полному разрушению главного двигателя 14ZV40/48. На теплоходе «Русь» Дальневосточного морского пароходства в первые два года эксплуатации выявлено 4 случая появления сквозных трещин в районе центрального отверстия на донышках головок поршней. Аналогичный случай был зафиксирован и на однотипном теплоходе «Михаил Шолохов». Более частые случаи возникновения трещин на теплоходе «Русь» объясняются более высокими нагрузками двигателей на этом судне. Появление сквозных трещин обнаруживается после срабатывания сигнализации о повышении концентрации масляного тумана в картере двигателя – «усредненный сигнал». Точно определить причину срабатывания сигнализации и дефектный цилиндр удается не всегда и это дает основание считать некоторые сигналы ложными.

Быстротечность развития аварийной ситуации и опасность полного разрушения двигателя вынуждало сократить период очередных освидетельствований дизелей типа ZL, проводить дефектоскопию головок поршней со стороны полости охлаждения по требованию Инспекции Морского Регистра. Частая ревизия большого числа цилиндров приводило к большим затратам труда и смене значительного числа заменяемых деталей в период профилактического технического обслуживания.

Частые случаи появления трещин в центральной части донышка поршня в районе резьбового отверстия указывает на высокий уровень механических и температурных напряжений в этой зоне, которая является концентратором напряжений, а отсюда и более высокие требования к материалам и технологии изготовления поршней. Частые случаи отказов головок поршней дизелей польского производства, и более надежная работа аналогичных деталей финских лицензиатов указывает на технологические издержки изготовления поршней на фирме «Згода».

Анализируя конструкции поршней СОД, можно отметить, что перенос резьбовых отверстий к периферии донышка поршня (например, дизели VD26/20 и др.) является более предпочтительным как с точки зрения снижения и выравнивания напряжений на донышке поршня, так и уменьшения диаметра самих резьбовых отверстий.

Поскольку Дальневосточное морское пароходство планировало организовать производство головок поршней ZV на отечественных заводах, то есть не в условиях специализированного дизельного предприятия, нами предложены модернизационные мероприятия, направленные на ликвидацию опасной зоны в центре днища.

В связи с этим возникает необходимость проанализировать напряженное состояние головки поршня с целью выявления причин указанных разрушений.

Учитывая высокую стоимость и трудоемкость экспериментальных исследований (тензометрирования), предложено использовать расчетные методы определения напряженного состояния головок поршня. Все расчеты проведены на базе метода конечных элементов (МКЭ) в осесимметричной постановке [3, 4].

Для оценки теплового состояния головки поршня дизелей ZV40/48 и ZL40/48 было рас-

считано температурное поле штатной конструкции поршня на номинальном режиме, которое хорошо соотносится с данными фирмы [5]. Температурное поле штатного поршня (рисунок 1) указывает на благоприятный уровень температур для поддержания высоких характеристик длительной прочности и пластичности материала. Наблюдается оптимальный уровень температур на поверхностях охлаждения и в канавке первого поршневого кольца.

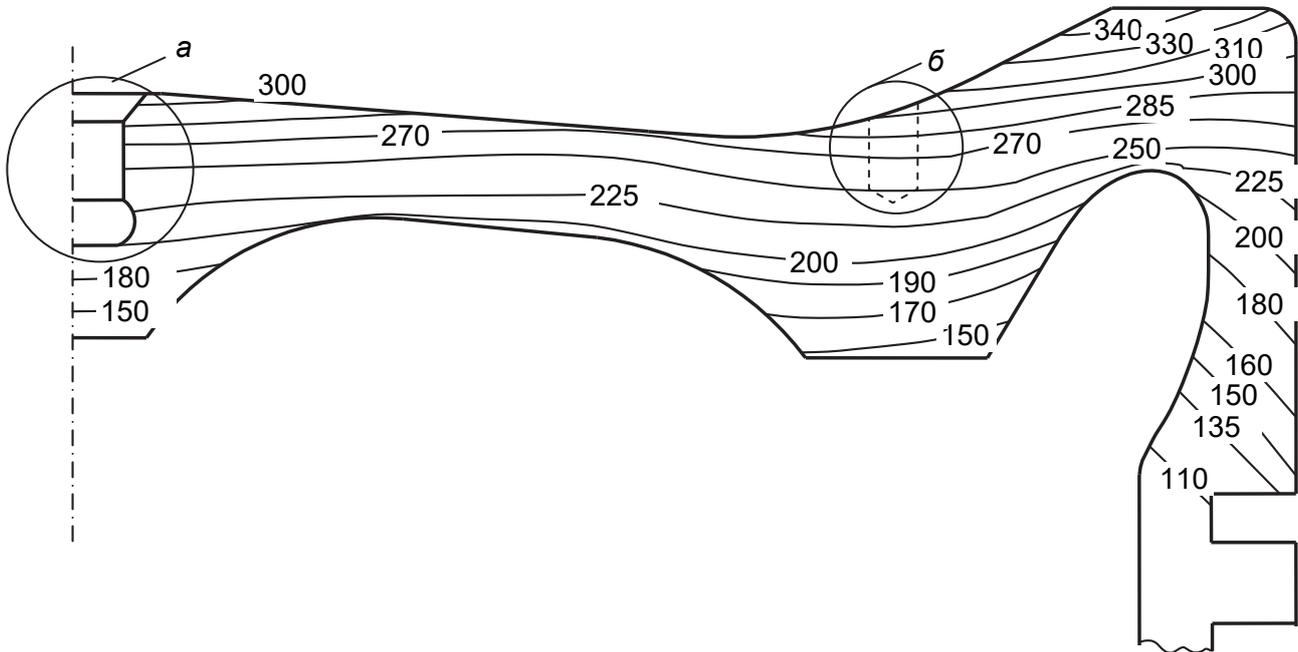


Рисунок 1 – Температурное поле головки поршня: а-штатное расположение отверстия под рым; б-модернизированный вариант

Механические напряжения определялись от сил давления газов  $p_z = 12$  МПа с соответствующим уменьшением давления по кольцам. Учитывалась зависимость коэффициента линейного расширения и модуля Юнга от температуры.

Результаты расчета температурных и механических напряжений штатного варианта головки поршня приведены на рисунке 2 и 3. Представим анализ напряжений только в опасной зоне центра доньшка поршня. Механические меридиональные напряжения сжатия в галтели дна отверстия достигают значения  $\sigma_\alpha^{p_z} = -147$  МПа, а со стороны охлаждения наблюдаются растягивающие напряжения  $\sigma_\alpha^{p_z} = 119$  МПа. Причем зона галтели на дне отверстия явно играет роль концентратора механических напряжений, что вызвано резким изменением сечения доньшка поршня и уменьшением момента сопротивления на изгиб при общем высоком уровне напряжений в центре поршня, т. к. опора расположена ближе к периферии доньшка поршня. Окружные механические напряжения  $\sigma_\phi^{p_z}$  в опасной зоне не вызывают опасений (рисунок 2).

Анализ температурных меридиональных напряжений (рисунок 3) подтверждает высказанное мнение о галтели в дне отверстия, как выраженном концентраторе напряжений. Меридиональные напряжения сжатия в этом месте достигают значения  $\sigma_\alpha^t = -234,5$  МПа, а со стороны охлаждения возникают растягивающие напряжения  $\sigma_\alpha^t = 146$  МПа. Это объясняется также и наличием достаточно высоких температурных градиентов в центре доньшка поршня. Что касается окружных температурных напряжений (рисунок 3), то в отличие от механических, их значения сопоставимы с меридиональными, и весьма существенны.

В районе галтели возникают сжимающие окружные напряжения  $\sigma_\phi^t = -150$  МПа, со стороны охлаждения так же сжимающие  $\sigma_\phi^t = -70$  МПа. Очень высокий уровень окружных сжимающих напряжений наблюдается на вертикальной цилиндрической поверхности отверстия и достигает  $\sigma_\phi^t = -319$  МПа. Именно в этом месте (2-3 виток резьбы) имели место мелкие вертикальные трещины по всей окружности, которые, вероятно, провоцировали появление сквозных трещин.



Рисунок 2 – Механические напряжения штатной головки поршня, МПа

Таким образом, можно сделать вывод, что уровень напряжений в опасных зонах поршня в первом приближении не превосходит допускаемых значений для стали 35ХМ, прочностные свойства которой отвечают государственному стандарту.

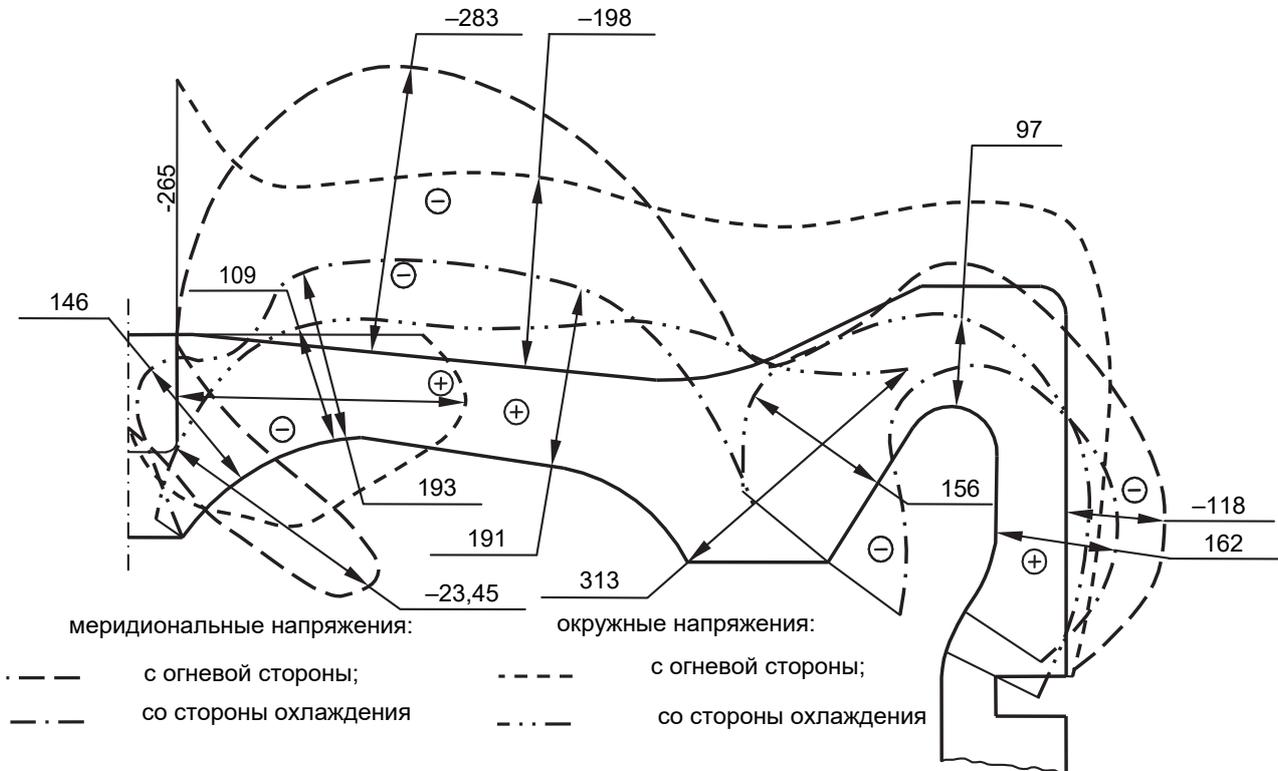


Рисунок 3 – Температурные напряжения штатного варианта головки поршня, МПа

Однако наличие названного концентратора в центральной части днища опасно еще и тем, что в случае появления трещины происходит ее развитие и переход к круговой, что приводит к отрыву всего центрального прилива и вызывает сообщение газовой и масляной полости через отверстие диаметром более 20 мм. Учитывая вышеперечисленные факторы,

считаем целесообразным изменить конструкцию поршня для уменьшения вероятности аварийного разрушения.

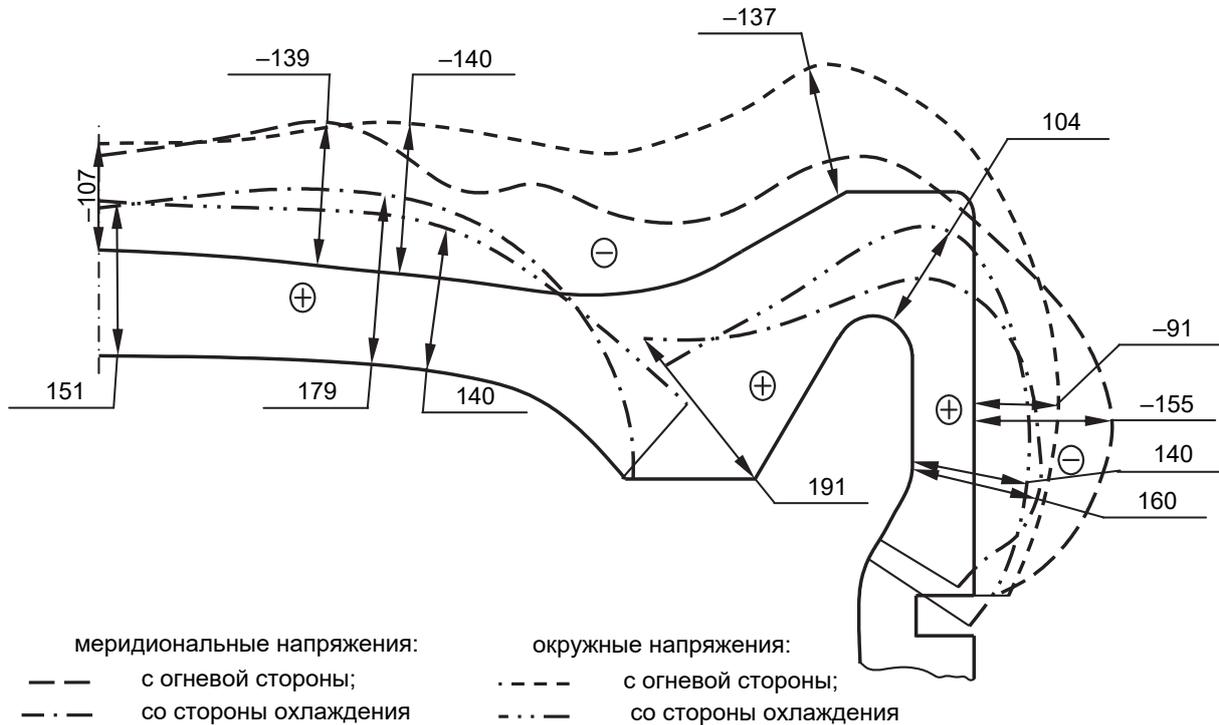


Рисунок 4 – Температурные напряжения модернизированного варианта головки поршня с толщиной доньшка 20 мм

В связи с этим, предлагается перенести монтажное отверстие ближе к периферии доньшка, в район опоры (см. рисунок 1). Вместо одного отверстия под рым диаметром 22 мм в центре доньшка головки предлагается сделать два отверстия диаметром 14 мм в районе опоры головки. Результаты проведенных расчетов представлены на рисунок 4 и 5.

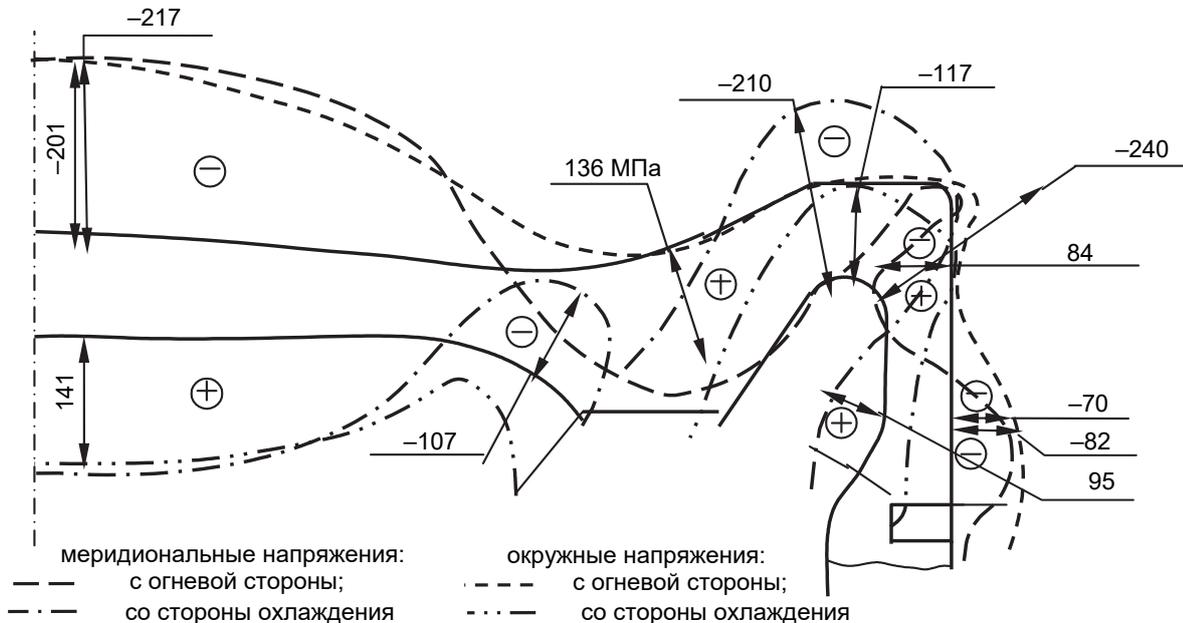


Рисунок 5 – Механические напряжения  $\sigma_{\varphi}^{Pz}$  модернизированного варианта головки поршня с толщиной доньшка 27 мм

Уровень температурных напряжений не высокий и достигает со стооны охлаждения: меридиональные  $\sigma_{\varphi}^t = 179$  МПа, окружные  $\sigma_{\varphi}^t = 151$  МПа, а с огневой стороны соответственно  $\sigma_{\varphi}^t = -139$  МПа,  $\sigma_{\varphi}^t = -107$  МПа (рисунок 4).

Однако при толщине доньшка 20 мм в его центре наблюдается возрастание механических напряжений от действия  $p_z$ . В частности меридиональные напряжения достигают значения  $\delta_\alpha^{p_z} = -271$  МПа на огневой стороне и  $\delta_\alpha^{p_z} = 126$  МПа на стороне охлаждения, а окружные, соответственно:  $\delta_\alpha^{p_z} = -255$  МПа и  $\delta_\alpha^{p_z} = 126$  МПа. Для уменьшения механических напряжений в доньшке поршня проработан также вариант с утолщенным до 27 мм доньшком. В этом случае механические напряжения удается снизить с огневой стороны меридиональные до  $\sigma_\alpha^{p_z} = -217$  МПа, окружные  $\sigma_\alpha^{p_z} = -201$  МПа, а со стороны охлаждения соответственно до  $\sigma_\alpha^{p_z} = 141$  МПа,  $\sigma_\alpha^{p_z} = 140$  МПа (рисунок 5). Уровень напряжений для модернизированного варианта в районе опоры, где располагаются отверстия под рым, не вызывает опасений.

Предложенные мероприятия позволят повысить работоспособность головки поршня.

**Выводы:**

- опыт эксплуатации дизелей ZL, ZV фирмы «Зульцер» выявила недостаточную надежность головок поршней лицензионных производителей;
- расчеты напряженного состояния головки поршня показали высокий уровень напряжений в центральной части доньшка на резьбовом отверстии под монтажный рым;
- предложен проект модернизации поршня с переносом резьбовых отверстий к периферии доньшка поршня;
- расчеты напряженного состояния поршня доказали более благоприятное поле напряжений в модернизированном варианте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Конкс, Г.А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта / Г.А. Конкс, В.А. Лашко. -М.: Машиностроение, 2005. -512 с.
- 2 Возницкий, И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания / И.В. Возницкий. -СПб: Моркнига, 2007. -282 с.
- 3 Шабров, Н.Н. Метод конечных элементов в расчётах деталей тепловых двигателей / Н.Н. Шабров. -Л.: Машиностроение, 1983. -212 с.
- 4 Руссинковский, С.Ю. 3-d моделирование граничных условий теплообмена при расчёте теплового состояния деталей цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания // С.Ю. Руссинковский, Н.Д. Чайнов // -Двигателестроение. - 2013. -№4. -С. 3-8.
- 5 Информационные материалы фирмы «Sulzer». –Режим доступа: <http://www.sulzer.com>.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *дизельный двигатель, поршень, материал, технология, нагрузка, надежность, тепловое состояние, механические напряжения, температурные напряжения, модернизация*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Кучеров Владимир Никанорович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»  
Флорианская Мария Васильевна, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

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

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МАСЛООЧИСТИТЕЛЕЙ И ВКЛЮЧЕНИЕ ИХ В СИСТЕМУ СМАЗКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

**ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»  
ФГБОУ ВПО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»**

**П.П. Кича, Л.А. Семенюк**

### **ANALYSIS OF DESIGNS OF OIL CLEANERS AND THEIR INCLUSION IN THE LUBRICATION SYSTEM OF SHIP DIESELS**

Far Eastern state technical fisheries university  
Maritime state university named after G.I.Nevelskoi  
P.P. Kicha, L.A. Semenyuk

Charts over of including of filters and centrifuges are brought in the system of greasing of combustion engine at the combined cleaning of oil. Dignities and advantages of combination of filter and centrifuge are shown, and also the combined filtration of motor oil as compared to full-flow at his cleaning in ship diesels.

*Keywords: economy resource of oils using, motor oil, engine wear, combined filtering*

Приводятся схемы включения фильтров и центрифуг в систему смазки двигателя внутреннего сгорания при комбинированной очистке масла. Показаны достоинства и преимущества сочетания фильтра и центрифуги, а также комбинированного фильтрования моторного масла по сравнению с полнопоточным при его очистке в судовых дизелях.

В последние годы большое внимание уделяется надёжности работы и сроку службы (моторесурсу) двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Эксплуатация судовых тронковых дизелей с высоким наддувом особенно при применении моторного топлива, флотских и топочных мазутов сопровождается интенсивным загрязнением моторного масла (ММ) нерастворимыми примесями [1, 7]. В этих ДВС из-за высокой форсировки и низкого угара масла приходится применять ММ со значительным уровнем эксплуатационных свойств – высокой термоокислительной и моюще-диспергирующей стабильностью. Сжигание низкосортных топлив и использование высокотемпературных термостойких масел приводит к значительному возрастанию абразивности и скорости поступления нерастворимых продуктов (НРП) в систему смазки (СС) форсированного тронкового дизеля [3].

Предполагаемое ужесточение условий работы масла в дизелях с высоким наддувом требует повышения термической устойчивости моторных масел и содержащихся в них присадок [4]. Существующие системы полнопоточного фильтрования масла не способны обеспечить требуемую глубину очистки ММ, что интенсифицирует его старение и изнашивание двигателя [4, 5].

Анализ температурных условий работы цилиндропоршневой группы современных форсированных дизелей показывает, что в зоне первого поршневого кольца температура достигает 275 °С. В связи с форсированием ДВС до  $p_{me} = 2,5$  МПа, предполагается повышение ее до 300 °С [5]. Установлено, что увеличение  $p_{me}$  на 0,1 МПа приводит к повышению температуры составного поршня и поршневых колец соответственно на 11-14 и 3-6 °С [3]. При увеличении частоты вращения на  $2 \text{ с}^{-1}$  температура поршня возрастает на 3-6 °С [4].

Проведенными фирмой Vasa исследованиями [3] выявлено, что при увеличении  $p_{me}$  с 0,7 до 1,4 МПа вязкость масла возрастает с 13,4 до 20  $\text{мм}^2/\text{с}$ , массовая доля в нем продуктов окисления с 8 до 40%. Опыты ЦНИДИ на быстроходном дизеле показали значительное ухудшение состояния поршней по нагарам в связи с появлением в масле большого количества продуктов его термического разложения при форсировании двигателя по  $p_{me}$  от 0,4 до 1,2 МПа [6].

Для среднеоборотных дизелей большой мощности характерно наличие комбинированной системы смазки, включающей лубрикаторную и циркуляционную. В дизелях средней мощности, и особенно повышенной частоты вращения, используется, как правило, циркуляционная СС.

Анализ циркуляционных систем смазки тронковых дизелей действующего парка (рисунок 1.) показывает преимущественное использование для очистки масла ФГО или фильтра тонкой очистки масла, полнопоточного (ФТОМП) [2, 5]. Фильтр устанавливается до или после масляного холодильника, что соответственно облегчает его функционирование или уменьшает поступление в пары трения двигателя отложений, смываемых с охладителя при заправке системы свежим маслом.

В практике часты случаи, когда фильтрование масла с температурой ниже 60 °С приводит к «забиванию» фильтрующего элемента (ФЭ) асфальтенами и другими полурасстворимыми продуктами старения масла за 50-100 ч работы [6]. Поэтому для судовых дизелей, эксплуатируемых при температуре масла 55-75 °С, предпочтение следует отдать схеме с подключением фильтра до холодильника.

Анализ приведенных схем показывает, что ни одна из них не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к системам смазки (очистки) форсированных дизелей ни по составу агрегатов очистки, ни по их включению в масляную систему для поддержания их высоких рабочих характеристик на любых режимах работы ДВС. Такие системы не способны одновременно надежно защищать двигатель от абразивного изнашивания и осуществлять глубокую очистку масла от катализаторов окисления для торможения его старения.

По схеме включения в главную магистраль двигателя маслоочистители подразделяются на полнопоточные, через которые проходит весь поток масла к сопряжениям, смазываемым под давлением, и частичнопоточные, включаемые на ответвлении, и пропускающие 5-15% основного потока масла, которое затем сливается в картер двигателя.

Исследование систем очистки масла судовых тронковых дизелей малой и средней мощности, эксплуатируемых на Дальневосточном бассейне, показывает, что они почти наполовину (53,6%) по числу двигателей и на четверть (26,5%) по мощности укомплектованы ФГО [6]. Остальные двигатели оборудованы агрегатами тонкой очистки масла (таблица 1), из которых полнопоточного типа по числу двигателей 23%, по мощности – 23,8%. Причем на

долю фильтров тонкой очистки масла, полнопоточных (ФТОМП) приходится соответственно 15 и 12,4%, МЦН-П – 5,5 и 2,2%, саморегенерирующихся фильтров (СРФ) – 2,5 и 9,2% двигателей. Анализ данных таблицы 1 показывает, что доля полнопоточных центрифуг по мере увеличения мощности дизелей уменьшается, а саморегенерирующихся фильтров – увеличивается.

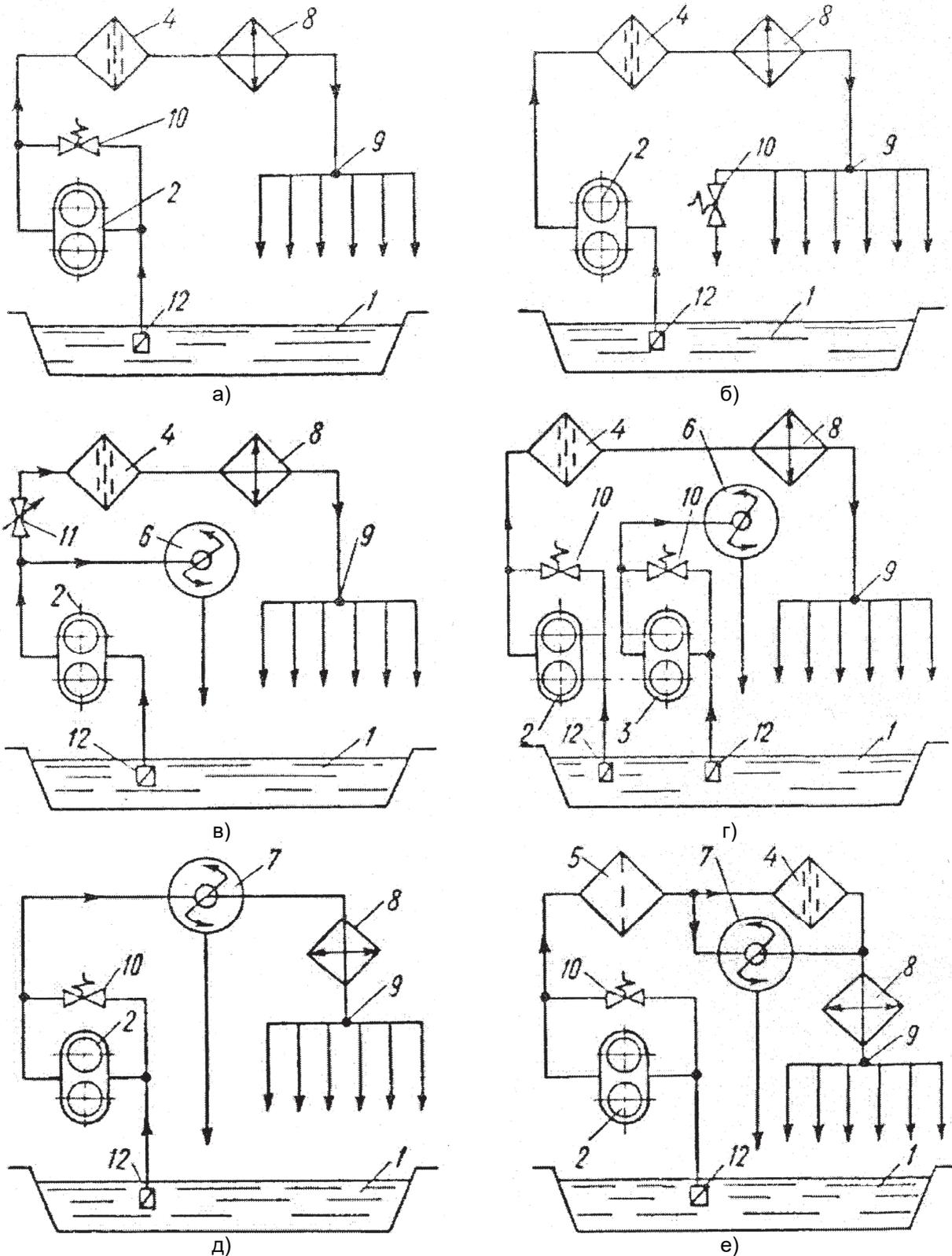


Рисунок 1 – Циркуляционные системы смазки тронковых дизелей: 1-картер; 2-основной насос; 3-дополнительный насос; 4-ФТОМП; 5-ФГО; 6, 7-частично- и полнопоточная центрифуги; 8-холодильник; 9-главная распределительная магистраль; 10-предохранительный клапан; 11-регулирующий дроссель; 12-маслозаборник

Таблица 1 – Распространённость маслоочистителей судовых тронковых дизелей действующего парка (на примере Дальневосточного бассейна), %

Схема очистки и маслоочиститель	Двигатель	
	Количество	Мощность
Полнопоточная, оснащённая:		
– саморегенерирующимися фильтрами	2,5	9,2
– фильтрами со сменными ФЭ	15,0	12,4
– центрифугами	5,5	2,2
Частичнопоточная, оснащённая:		
– фильтрами со сменными ФЭ	36,0	24,0
– центрифугами	20,0	21,0
– сепараторами	21,0	31,2

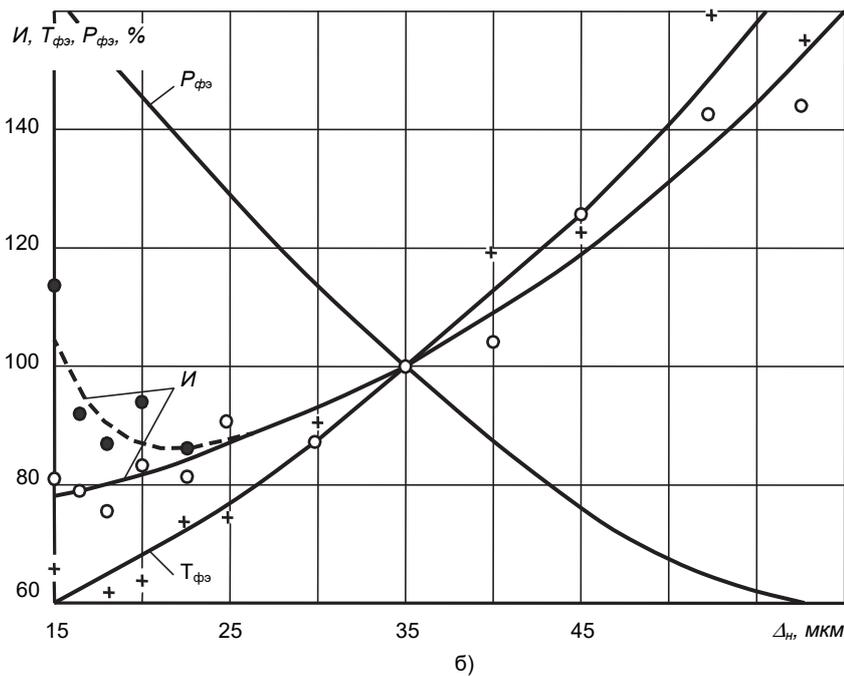
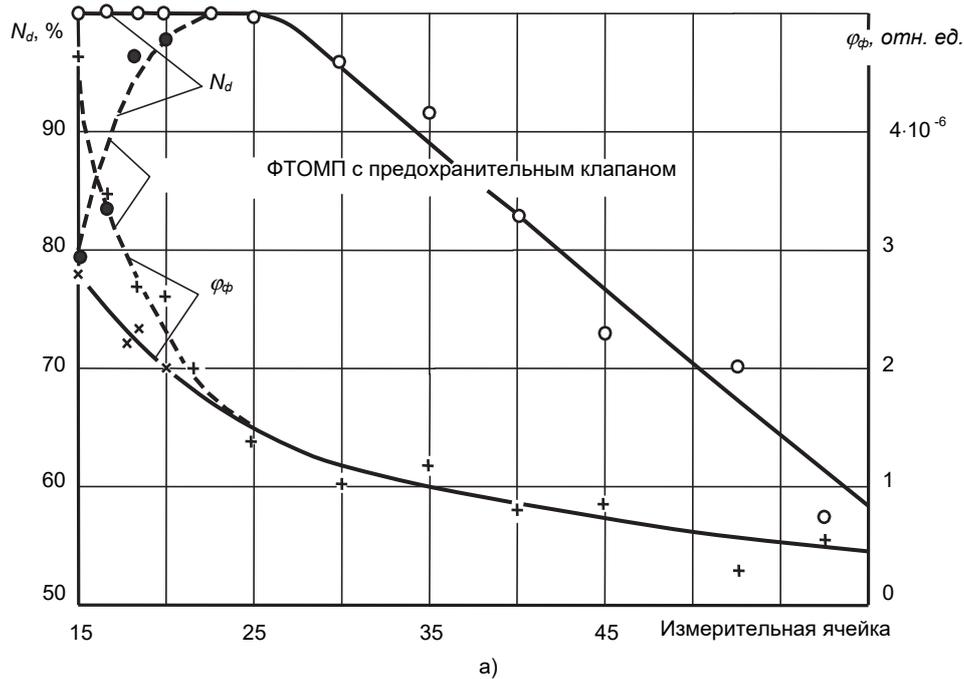


Рисунок 2 – Влияние тонкости отсева на эффективность ФТОМП

Полнопоточные центрифуги, используемые в судовых дизелях, в основном заимствованы из автотракторной отрасли, где они применяются в маломощных двигателях, поэтому довольно часто характеристики очистителей не соответствуют параметрам судовых ДВС и их масляных систем.

Частичнопоточные очистители – фильтры, центрифуги и сепараторы – используются совместно с ФГО соответственно на 36, 20 и 21% двигателей, оборудованных системами тонкой очистки. Мощность ДВС с указанными агрегатами очистки распределяется следующим образом: 24, 21 и 31,2%. На мощных двигателях сепараторы встречаются чаще, чем ФТО.

Большое распространение получили центрифуги [3, 6, 8]. Централизованный выпуск центробежных маслоочистителей для дизелестроительной отрасли не налажен. Их проектируют и производят заводы-изготовители дизелей. При этом на ДВС предприятий «Дальдизель», «Звезда», «Коломенский завод», Первомайского, Токмакского, Пензенского дизелестроительных заводов установлены центрифуги несовершенной конструкции, с низкими рабочими характеристиками.

На зарубежных двигателях в основном установлены центрифуги с гидрореактивным приводом английской фирмы *Glacier*. Согласно проспекту [6], она выпускает частичнопоточные центрифуги. Причем типоразмер GF-3 можно встретить на довольно мощных двигателях, вплоть до 6000 кВт, где количество центрифуг доходит до четырех.

Как известно [3, 6], центрифуги являются несменяемыми, постоянно действующими агрегатами очистки масла. Они обладают избирательным свойством очистки, то есть удаляют из масла в первую очередь вредные с точки зрения износа загрязнения, имеющие повышенную плотность. Пропускная способность центрифуг по мере накопления отложений в роторе практически не изменяется.

Исследованиями фирмы *Glacier* эффективности масляных фильтров и центрифуг [8] выявлено, что при очистке масла центрифугой концентрация нерастворимых примесей в системе значительно ниже, чем при очистке бумажным и фильтрующим элементом, установлено, что присадки, находящиеся в масле, при центрифугировании не удаляются.

Специалисты фирмы *Glacier* [8], а также авторы работ [3, 5, 8] считают, что использование центрифуг совместно с бумажными полнопоточными фильтрами увеличивает сроки смены ФЭ, так как основная масса загрязнений удерживается центробежным очистителем.

Комплекс работ [3, 5], проведенных МГУ им. адм. Г.И. Невельского, позволил дифференцировать влияние очистителей на масло и состояние двигателя. Для систем смазки ДВС с ФТОМП выявлено противоречие между тонкостью отсева и сроком службы ФЭ, полнотой отсева и надежностью защиты пар трения от попадания крупных частиц механических примесей. Как видно из рисунка 2а, с понижением тонкости отсева срок службы фильтрующих элементов сокращается, эксплуатационные расходы  $P_{\phi}$  на фильтрующие элементы растут. Износ основных деталей двигателя при работе ФТОМП с предохранительным клапаном с уменьшением  $\Delta_H$  падает только при понижении тонкости отсева до 20 мкм. Дальнейшее понижение этого параметра приводит к интенсификации износа, так как часть эксплуатационного периода ФТОМП работает с перепуском масла мимо ФЭ.

Вероятность защиты пар трения дизеля  $N_d$  от механических примесей размером 30 мкм (рисунок 2б), с увеличением коэффициента отсева  $\phi$  за счет уменьшения  $\Delta_H$ , в связи с более частым и продолжительным открытием перепускного клапана понижается. У полнопоточного фильтра  $Q_{\phi}$ ,  $\phi_{\phi}$  низка и недостаточна для обеспечения необходимой глубины очистки масла от нерастворимых примесей, что сказывается на сроке его службы.

Центрифуга одинаковых с ФТОМП размеров более глубоко очищает масло от тонкодиспергированных нерастворимых примесей (рисунок 3). Интенсивность очистки масла от нерастворимых примесей продуктов масляными центрифугами с наружным гидроприводом МЦН-Н (неполнопоточной) и МЦН-П (полнопоточной) в среднем выше, чем ФТОМП, соответственно в 14 и 8 раз. Увеличение интенсивности очистки, за счет центрифугирования масла обеспечивает более длительный срок службы ФЭ.

Однако возможности центрифуг в повышении  $N$  ограничены. Вероятность защиты пар трения дизеля от попадания частиц размером 30 мкм на номинальных температурных режимах системы смазки у центрифуг соответственно полно- и частичнопоточной в 1,1 и 2,3 раза ниже. У МЦН-П в период пуска  $U$  падает до 6-30%, поэтому гистограмма износа ос-

новых деталей ДВС (рисунок 3) характерна для судовых дизелей с предпусковым подогревом и прокачкой масла через систему смазки. В данном случае преимущества МЦН-П обусловлены благоприятными режимами его работы: удовлетворительным  $N$  и высоким  $Q_{\phi}$ ,  $\varphi_{\phi}$ . Реализовать оба преимущества полнопоточных центрифуг в дизелях с высокой прокачкой масла через систему смазки за счет использования схем очистки (рисунок 1) невозможно.

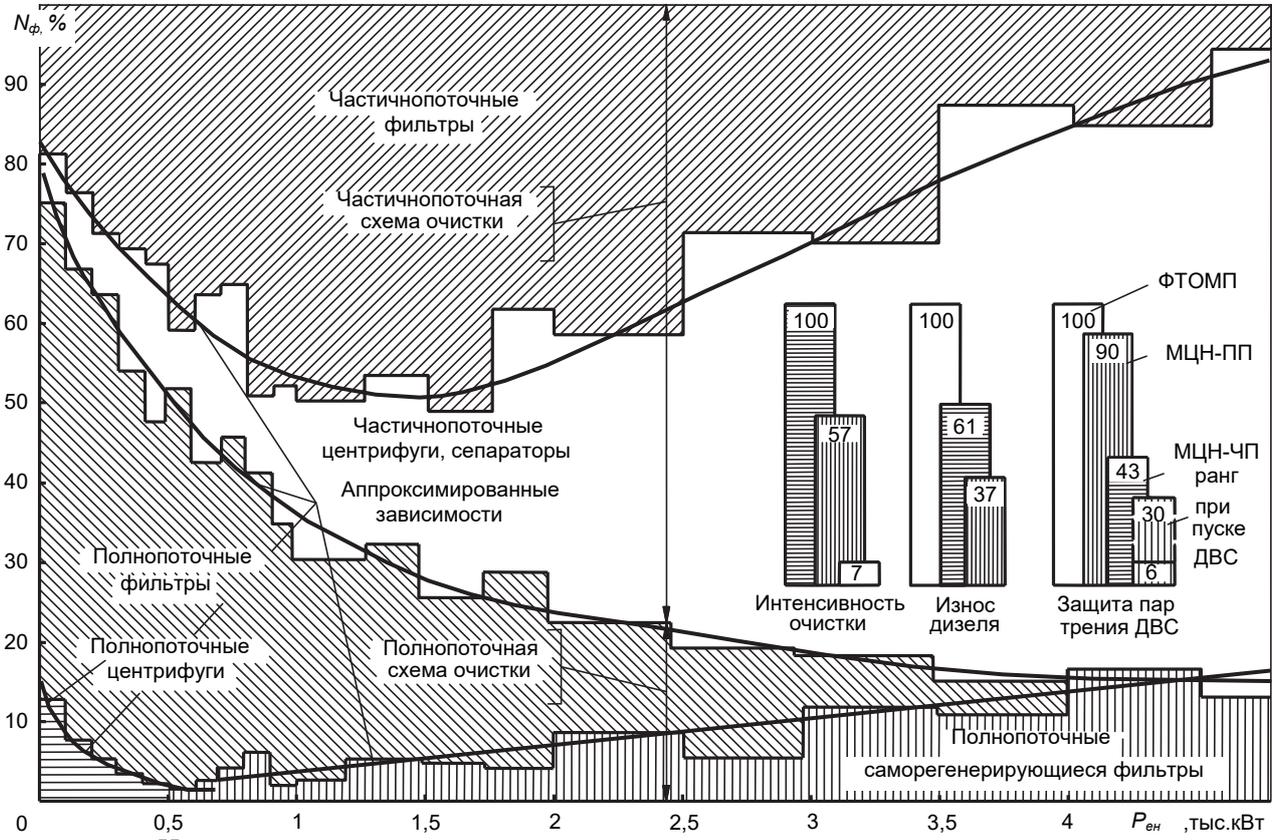


Рисунок 3 – Распространённость агрегатов очистки ММ и сравнение их эффективности в зависимости от мощности дизеля

**Выводы.** Надежную защиту пар трения дизелей от абразивного изнашивания и большой срок службы масла можно обеспечить только комбинированными системами очистки. В настоящее время такие системы создаются стихийно, без научного обоснования. Для ряда двигателей они получены за счет модернизации систем очистки путем замены ФГО на ФТОМП. Причем штатные частичнопоточные маслоочистители в системах смазки сохраняются.

Обзор современного состояния очистки ММ в судовых дизелях позволил выявить следующее:

- широкую распространенность в системах смазки ДВС малой и средней мощности полнопоточных фильтров со сменными ФЭ поверхностного типа;
- редкое использование в СС дизелей большой мощности фильтров саморегенерирующегося типа и самоочищающихся сепараторов;
- ограниченное применение комбинированной очистки масла в ДВС, сочетающей в основном полнопоточные фильтры и частичнопоточные центрифуги;
- отсутствие в эксплуатации ДВС, в системах смазки которых использовались бы комбинации фильтров, полностью реализующих достоинства полно- и частичнопоточной схем очистки масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кича, Г.П. Повышение эффективности тонкой очистки моторного масла в судовых тронковых дизелях комбинированным фильтрованием: монография / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Надежкин. -Владивосток: Изд. Мор. гос. унив., 2015. -175 с.  
 2 Кича, Г.П. Полнопоточная тонкая очистка масла в судовых дизелях / Г.П. Кича. -М.: ЦБНТИ ММФ, 1978. -№4(40). -138 с.  
 3 Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. -М.: Машиностроение, 1983. -147 с.

- 4 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях: монография / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Изд. Мор. гос. ун-та, 2011. - 372 с.
- 5 Исследование эффективности полнопоточной тонкой очистки масла в судовых быстроходных и среднеоборотных дизелях: Отчет о НИР / Дальневост. высш. инж. мор. уч-ще; Руководитель Г.П. Кича. -ХДТ-1/77; №ГР 77062858; Инв. №Б827603. - Владивосток, 1991. -193 с.
- 6 Кича, Г.П. Комбинированная очистка моторного масла в судовых тронковых дизелях: новые принципы и схемы очистки, результаты испытаний / Г.П. Кича, Н.Н. Таращан, А.В. Голенищев // Исследования по вопросам повышения эффективности судостроения и судоремонта: сб. науч. тр. -Владивосток: Дальневост. гос. техн. унив., 2009. -Вып.47. -С. 148-159.
- 7 Никифоров, О.А. Рациональное использование моторных масел в судовых дизелях / О.А. Никифоров, Е.В. Данилова. - Л.: Судостроение, 1986. -96 с.
- 8 Кича, Г.П. Повышение эффективности полнопоточной тонкой очистки масла в судовых дизелях комбинированным фильтрованием / Г.П. Кича, Н.М. Свистунов, К.Г. Свиридкин // Рыб. хоз-во. -1981. -№2. -С. 37-41.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ресурсосберегающее маслоиспользование, моторное масло, комбинированное фильтрование, изнашивание двигателя

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Кича Павел Петрович, канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»  
Семенюк Людмила Анатольевна, аспирант ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»  
690087, г.Владивосток, ул.Луговая, 52Б, ФГБОУ ВПО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»

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

## ОБОСНОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ И ПОВТОРНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

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

**В.В. Тарасов**

**THE RATIONALE FOR THE DEEP OF PURIFICATION THE WASTE MOTOR OILS FROM MECHANICAL IMPURITIES DURING ITS REGENERATION AND REUSED ONE IN SHIPS ENERGY UNITS**  
Maritime state university named after G.I.Nevelskoi  
V.V. Tarasov

The results of the wear testing on the friction machine of waste motor oils which was contaminated by insoluble products are presented. By experimental modeling is shown the dependence of the wear properties of waste oils on their level of regeneration from mechanical impurities and the original performance properties, set the motor group.

*Keywords: oil recovery, wear characteristics of the contaminated oil, restoration of operational properties of oils, the wear test oils, operational testing diesel*

Приведены результаты износных испытаний на машине трения загрязненных нерастворимыми продуктами отработанных моторных масел. Экспериментальным моделированием получена зависимость износных свойств отработанных масел от уровня их регенерации по механическим примесям и исходных эксплуатационных свойств, заданных моторной группой.

Одним из аспектов ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей со снижением экологической нагрузки на окружающую среду является регенерация и восстановление химмотологических свойств отработанных моторных масел (ММ). Для оперативного решения этой задачи у потребителя нефтепродуктов на судне предлагается использовать компактную мобильную установку, комплектуемую по модульному принципу в зависимости от требуемой пропускной способности. Характеристики разработанного в Морском государственном университете им. адм. Г.И. Невельского для этих целей регенерационного модуля РУМС-1 приведены в работах [1, 2].

Отработанные ММ можно использовать в элементах судовой энергетической установки (СЭУ) с понижением моторной группы масла, как это показано в исследованиях [3]. Кроме того, их эксплуатационные свойства можно восстанавливать легированием специальными присадками [4, 5] до уровня свежих ММ [6]. Восстановлению подлежат отработанные масла, прошедшие регенерацию, в результате которой из них полностью удаляются нерастворимые продукты (НРП) внешнего и внутреннего загрязнения, вода и низкотемпературные кипящие фракции, углеводороды, обусловленные поступлением в них топлива. В отработанных маслах содержание НРП может достигать до 6%, их нормированная вязкость может изменяться как в сторону повышения, так и понижения на 20-40%, температура вспышки обычно снижается на 30-50 °С [6].

Регенерация отработанных ММ в установке РУМС-1 позволяет снизить концентрацию НРП до 0,05%, полностью удалить из них воду и топливо. Очистка масла от нерастворимых

примесей и воды может осуществляться фильтрованием, циклонированием и сепарированием. Этот процесс может занимать длительное время. Наиболее эффективно его осуществлять сепарированием при нагреве масла до 70-80 °С и выборе оптимальной пропускной способности центробежного сепаратора (ЦС). При этом он обычно функционирует по замкнутому циклу, многократно очищая отработанное загрязненное масло, находящееся в специальной цистерне. Выбор режимов сепарирования зависит от диспергирующей способности отработанных масел, уровня их загрязнения НРП и водой, состава нерастворимых продуктов дисперсности примесей и глобул воды. Оптимальные режимы сепарирования, в том числе с переменной пропускной способностью ЦС, по мере снижения концентрации в масле НРП и роста дисперсности приведены в работе [6].

Целью данной статьи было обоснование требуемой глубины очистки масла от НРП. Имеются исследования [7, 8], которые показывают, что с позиций износных свойств отработанных ММ, полностью удалять из них механические примеси нет необходимости. Определяя глубину очистки масла, важно учитывать: абразивность НРП, их дисперсный состав, соотношение сгораемых и минеральных (несгораемых) компонентов нерастворимых примесей. Обоснованных рекомендаций по данному вопросу нет.

Остаточные нерастворимые загрязнения в регенерированном продукте, бесспорно, будут оказывать влияние на эксплуатационные свойства восстановленного масла. Поставлена задача определить концентрацию НРП в регенерированном масле, которая не оказывает значительного влияния на противоизносные свойства восстановленного масла. Априори можно констатировать, что для ММ групп Г<sub>2</sub>, Д<sub>2</sub> концентрация НРП до 0,6% (в зависимости от уровня диспергирующих свойств масла) не сказывается существенно на срабатывание присадок в восстановленных нефтепродуктах [6]. Расчетами показано, что на их поддержании во взвешенном состоянии при общем загрязнении работающего масла 1,5-3% будет расходоваться менее 10% присадок. Это связано с тем, что в восстановленное масло загрязнения вносятся совместно с присадками в остаточной активной форме, которые частично компенсируют их расход на поддержание в высокодисперсном состоянии нерастворимой фазы с повышенной концентрацией НРП.

Для целей оценки противоизносных свойств отработанных ММ, загрязненных НРП до уровня 3-5%, были выбраны масла групп Г<sub>2</sub>, Д<sub>2</sub>, которые были отбракованы по разным причинам, в том числе по содержанию присадок, уровню загрязнения НРП, попадания воды и топлива. Отработанные масла имели разный уровень остаточной щелочности, содержание многофункциональных присадок. Уровень диспергирующе-стабилизирующих свойств у них также значительно отличался. Дисперсный состав НРП имел существенную разницу, как по общему составу грубодисперсных механических примесей, так и по содержанию тонкодисперсной нерастворимой фазы и ее среднему размеру нерастворимых в масле частиц.

Были подобраны три группы отработанных масел, которые функционировали в судовых дизелях с повышенной частотой вращения ( $n = 16,7 \text{ с}^{-1}$ ) и форсировкой по среднему эффективному давлению  $p_{me} = 0,8-2,0 \text{ МПа}$ . Масла в исходном состоянии полностью соответствовали продуктам М14Г<sub>2</sub>(цс), М14Д<sub>2</sub>(цл20) и М14Д<sub>2</sub>(цл30) (ГОСТ 12337-84). При их отработке в форсированных дизелях в течение 1,5-2,0 тыс. ч с использованием соответственно топлив СМТ (ТУ 38.101567-87), М-40В, М-100 (ГОСТ 10585-75) после обработки в пленочно-вакуумном регенераторе для полного удаления воды и топлива представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Состояние отработанных ММ

Марка масла	Вязкость при 100 °С, сСт	Щелочность, мг КОН/г	Зольность фугата, %	Концентрация НРП, %
М14Г <sub>2</sub> (цс)	12,3-15,1	3,5-4,3	0,41-0,6	2,2-3,4
М14Д <sub>2</sub> (цл20)	12,8-14,7	4,9-7,1	0,8-1,3	2,8-3,6
М14Д <sub>2</sub> (цл30)	13,2-16,7	9,2-12,8	1,2-1,6	3,2-5,4

Представленные отработанные масла подвергали сепарированию с подогревом до  $78 \pm 3 \text{ °С}$  при факторе разделения ЦС-1,5 3800, его пропускной способности 0,1-0,6 м<sup>2</sup>/ч до полного удаления нерастворимых продуктов. Конечная концентрация НРП составляла в зависимости от диспергирующих свойств масла 0,1-0,3% и была обусловлена пределом центрифугирования, что позволило достичь уровня регенерации 0,98-1, в дальнейшем эксперименте он был принят за 1.

Была поставлена задача оценить противоизносные свойства отработанных ММ разного

уровня моторных свойств, загрязненных НРП, содержащих продукты неполного сгорания топлива, износа двигателя, срабатывания присадок, старения (окисления) масел. При этом в масле содержались отдельные крупные частицы механических примесей от внешнего и внутреннего загрязнения масла (кварцем, продуктами коррозии, спекшимися конгломератами сажи от неполного сгорания топлива, карбонизации углеводородов масла). Содержание НРП (механических примесей) в отработанных маслах определяли центрифугированием их бензиновых растворов в соответствии с ГОСТ 20684-75.

Противоизносные свойства отработанного масла с разным уровнем остаточного загрязнения НРП, то есть прошедших частичную или полную очистку с уровнем коэффициента регенерации от 0 до 1, определяли на машине трения СМЦ-2. Режим нагружения машины был выбран для имитации условий работы поршневых колец ДВС при подходе поршня к верхней мертвой точке (ВМТ), когда трибосопряжение «поршневое кольцо-втулка» работает в очень жестких условиях [6, 8]. Лабораторные сравнительные испытания проводили на СМЦ-2 с подвижным роликом диаметром 50 мм и шириной 12 мм из серого чугуна (микротвердость  $H_{\mu} = 2,0-2,5$  МПа, шероховатость  $R_a = 0,15$  мкм). Неподвижный ролик таких же размеров из этого же материала имел хромовое пористое покрытие толщиной 500 мкм с параметрами  $H_{\mu} = 8$  ГПа,  $R_a = 0,62$  мкм. Внешняя нагрузка на ролики составляла 30 МПа. Большинство судовых дизелей средней и повышенной частоты вращения имеют вышеназванные детали (поршневые кольца и цилиндрические втулки) с перечисленными характеристиками.

Температура в зоне трения измерялась с помощью термодпары, установленной в неподвижных образцах на глубине 1,5–2 мм от поверхности. В экспериментах температура образцов в зоне трения составляла 230–250 °С, что соответствует условиям работы поршневых колец в верхней части цилиндра дизеля со средним эффективным давлением  $p_{me} = 1,6-2,0$  МПа.

Смазывание пары трения осуществляли капельным способом с интенсивностью 6-10 капель/мин. Время испытания на каждом цикле с разной смазкой составляло 5 ч. После каждого цикла испытаний машину трения останавливали и, не снимая хромированного образца, оценивали износ при помощи микроскопа Бринелля, по значению ширины пятна контакта. Далее расчетом определяли глубину лунки и объем изношенного материала.

Износ подвижного образца определяли взвешиванием на электронных весах ВЛА-200 с точностью до 0,3 мг. Перед взвешиванием образцы тщательно промывали и сушили в вакуумном шкафу при температуре 120 °С и вакууме 0,1 МПа в течение 2 ч. Каждый вариант смазки испытывали один раз. В центре плана результаты испытаний осредняли по трем опытам, то есть проводили трижды.

В эксперименте в качестве управляемых факторов были выбраны выше перечисленные отработанные нефтепродукты, закодированные рангом  $M=-1$  – масло М14Г<sub>2</sub>(цс),  $M=0$  – масло М14Д<sub>2</sub>(цл20) и  $M=+1$  – масло М14Д<sub>2</sub>(цл30). Уровень загрязнения отработанных масел НРП оценивали по коэффициенту регенерации  $\varphi_p$ , который равнялся 0, 0,5 и 1, что соответствовало пробам масла с загрязнением нерастворимыми примесями  $c_{(-1)} = 4 \pm 0,4\%$  ( $x_1 = -1$ ),  $c_{(0)} = 2 \pm 0,2\%$  (0),  $c_{(+1)} = 0,2 \pm 0,05\%$  ( $x_1 = +1$ ).

Коэффициент регенерации рассчитывался через соотношение содержания НРП  $c_x$  в очищенном, то есть прошедшем длительное сепарирование, масла и исходной концентрации  $c_{(-1)}$  в нефтепродукте, выбранном для сепарирования  $\varphi_p = (c_{(-1)} - c_{(i)}) / c_{(-1)}$ . Как кодировались факторы видно из таблицы 2.

Таблица 2 - Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Кодовые обозначения	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			нижний -1	основной 0	верхний +1
Коэффициент регенерации ММ по нерастворимым примесям $\varphi_p$ , отн. ед.	$x_1$	0,5	0	0,5	1
Качество отработанного масла М, ранг	$x_2$	1	-1	0	+1

Функция отклика  $y$  представляет в относительных единицах (%) износ, подвижного и

неподвижного роликов за цикл (5 ч) испытаний, определяемый относительно результата, полученного в центре факторного пространства ( $x_1 = x_2 = 0$ ). Суммарный износ фиксировался по двум деталям при трехкратных повторных испытаниях в центре плана с выбранным сочетанием факторов. Весомость износа каждого из роликов при формировании суммарного показателя  $I$  принята одинаковой.

Для проведения экспериментов выбран ортогональный центральный композиционный план второго порядка. Достоинство его состоит в малом объеме вычислений, так как все коэффициенты регрессии определяются независимо друг от друга. Ортогонализация экспериментальных данных достигнута выбором «звездного» плана с преобразованием квадратичных членов уравнения для достижения ортогонализации всех столбцов матрицы по рекомендациям [9].

Число опытов в центре плана равняется трем. Они в разработанном плане (таблица 3) для достижения ортогональности при величине «звездного» плана  $\alpha = 1$  представлены одной строкой. Для ортогонализации всех столбцов матрицы осуществлена замена  $x_1^2$  и  $x_2^2$  новой переменной  $x'_1$  и  $x'_2$ , выражение для которой соответствуют согласно [9]

$$x'_1 = x_1^2 - \frac{2}{3}; x'_2 = x_2^2 - \frac{2}{3}.$$

Реализация экспериментов по приведенной матрице планирования (таблица 3) позволило представить функцию отклика (износ  $I$ , выраженный в относительных единицах) в виде полинома второй степени

$$y = 10,15 - 24,15x_1 - 19,7x_2 + 11,12x_1x_2 + 15,28x_1^2 + 5,13x_2^2. \quad (1)$$

Функцию отклика  $y$  (износ  $I$ ) за цикл испытаний (5 ч) фиксировали по подвижному и неподвижному роликам в безразмерном виде через значение этого показателя при факторах в центре плана. При  $x_1 = x_2 = 0$  износ подвижного ролика был равен  $\Delta \bar{G}_{\text{Сч}(0)} = 36$  мг, неподвижного –  $\Delta \bar{V}_{\text{Cr}(0)} = 142 \cdot 10^{-3}$  мм<sup>3</sup>.

Суммарный износ в любом из опытов рассчитывали по формуле

$$N_j = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta G_{\text{Сч}(j)}}{\Delta G_{\text{Сч}(0)}} + \frac{\Delta V_{\text{Cr}(j)}}{\Delta V_{\text{Cr}(0)}} \right) 100 \%.$$

Таблица 3 - Матрица ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для факторов  $\varphi_p$  и  $M$

Содержание плана	№ опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	$x_1^2 (x'_1)$	$x_2^2 (x'_2)$	$y_i$	$\hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
План типа 22	1	+	+	+	+	+ (+1/3)	+ (+1/3)	87,3	88,2	0,81
	2	+	-	+	-	+ (+1/3)	+ (+1/3)	115,0	114,4	0,36
	3	+	+	-	-	+ (+1/3)	+ (+1/3)	106,1	107,2	1,21
	4	+	-	-	+	+ (+1/3)	+ (+1/3)	178,4	178,2	0,04
«Звездные» точки с плечом $\alpha = 1$	5	+	+	0	0	$\alpha 2(+1/3)$	0 (-2/3)	94,2	92,1	4,41
	6	+	-	0	0	$\alpha 2(+1/3)$	0 (-2/3)	140,0	140,7	0,49
	7	+	0	+	0	0 (-2/3)	$\alpha 2(+1/3)$	86,7	86,2	0,25
	8	+	0	-	0	0 (-2/3)	$\alpha 2(+1/3)$	128,5	127,6	0,81
Нулевая точка	9	+	0	0	0	0 (-2/3)	0 (-2/3)	104,2	100	17,64
		98,5	2,25							
		97,8	7,29							
Коэффициенты	$y$	$b_0^*$ $b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_{12}$	$b_{11}$	$b_{22}$	$S_E = \sum_{u=1}^3 (y_u - \bar{y})_u^2 = 27,18;$		
	$y$	115,1 101,5	- 24,1	-19,7	11,12	15,28	5,13	$S_R = \sum_{j=1}^8 (y_j - \hat{y}_j)^2 = 8,38$		

\*-Значение  $b_0'$  при представлении вместо  $x_1^2$  и  $x_2^2$  преобразованной переменной  $x'_1 = x_1^2 - 2/3$ ,  $x'_2 = x_2^2 - 2/3$ . Переход к обычной форме записи осуществляется расчетом  $b_0 = b_0' - 2/3(b_{11} + b_{22}) = 115,1 - 2/3(15,28 + 5,13) = 101,5$ .

Скорость изнашивания определялась посредством выражения

$$\bar{J}_{\text{сч}(0)} = \frac{\Delta \bar{G}_{\text{сч}(0)}}{\tau} = \frac{36}{5} = 7,2 \text{ мг/ч}, \quad \bar{J}_{\text{ср}(0)} = \frac{\Delta \bar{V}_{\text{ср}(0)}}{\tau} = \frac{142}{5} = 28,4 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{ч};$$

$$J_j = \frac{1}{2} \left( \frac{J_{\text{сч}(j)}}{\bar{J}_{\text{сч}(0)}} + \frac{J_{\text{ср}(j)}}{\bar{J}_{\text{ср}(0)}} \right) 100 \%.$$

Благодаря ортогональности матрицы планирования коэффициенты регрессии определялись независимо друг от друга [8]

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} y_j}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2},$$

где  $x_i$  – номер столбца матрицы;

$j$  – номер опыта;

$x_{ij}$  – элементы соответствующего столбца матрицы;

$y_j$  – значение параметра в  $j$ -ом опыте.

Коэффициенты модели соответствовали  $b_0 = 101,5$ ;  $b_1 = -24,15$ ;  $b_2 = -19,7$ ;  $b_{12} = 11,12$ ;  $b_{11} = 15,28$ ;  $b_{22} = 5,13$ .

Дисперсия адекватности была определена по формуле [9]

$$s_{\text{ад}} = \frac{S_R}{N' - (k+1)} = \frac{8,38}{8 - (2-1)},$$

где  $N$  – число опытов;

$k$  – число факторов.

Дисперсии коэффициентов регрессии определяли по формуле

$$s^2 \{b_i\} = \frac{s_{\text{ад}}^2}{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}.$$

Дисперсии коэффициентов не равны, так как сумма квадратов элементов столбцов матрицы  $\sum_{j=1}^n x_{ij}$  не равны друг другу.

Поэтому

$$s^2 \{b_1\} = s^2 \{b_2\} = s^2 \{b_{11}\} = s^2 \{b_{22}\} = \frac{1,68}{6} = 0,28; \quad s^2 \{b_{12}\} = \frac{1,68}{4} = 0,42.$$

Средняя квадратичная ошибка в определении коэффициентов уравнения (1) регрессии оказалась следующей:  $s\{b_j\} = s\{b_{ij}\} = 0,53$ ;  $s\{b_{ij}\} = 0,65$ . Доверительный интервал коэффициентов уравнения регрессии определяли с учетом критерия Стьюдента  $t_s$ , который при 5%-ном уровне значимости и числе степеней свободы  $f = 5$  равен 2,57 [9]. Следовательно,  $\Delta b_i = \Delta b_{ij} = \pm 2,57 \cdot 0,53 = 1,36$ ;  $\Delta b_{ij} = 2,57 \cdot 0,65 = 1,67$ .

Коэффициенты уравнения регрессии по абсолютной величине оказались больше доверительного интервала, потому их можно признать статически значительными.

По результатам опытов в центре плана была вычислена дисперсия  $s_y^2$  воспроизводимости эксперимента

$$s_y^2 = \frac{S_{\text{E}}}{n_0 - 1} = \frac{15,38}{3 - 1} = 7,69,$$

где  $n_0$  – число опытов в нулевой точке,  $n_0 = 3$ .

Проверку адекватности полученной модели проводили по  $F$ -критерию Фишера [9]. Расчетный критерий соответствует

$$F_p = s_{\text{ад}}^2 / s_y^2 = 1,68 / 7,69 = 0,22.$$

При 5%-ном уровне значимости и числа степеней свободы  $f_1 = 2$  и  $f_2 = 5$  он оказался ниже табличного ( $F_T = 19,3$ ), то полученная модель адекватно описывает влияние факторов на износ деталей исследуемого трибосопряжения.

Анализ коэффициентов уравнения (1) показывает, что наибольшее влияние на изнаши-

вание трибосопряжений оказывает первый фактор  $x_1$  ( $b_1 = -24,15$ ). Таким образом, по мере углубления очистки ММ от НРП при его регенерации абразивность отработанного масла снижается, что проявляется в уменьшении показателя суммарного износа  $I$  и скорости изнашивания  $J$  обоих роликов по мере увеличения  $\varphi_p$ . Такое явление объясняется уменьшением концентрации абразивно опасных нерастворимых продуктов в регенерированном масле.

По мере роста показателя  $x_1$  эффект от углубления очистки отработанного масла снижается, так как интенсивность падения скорости изнашивания  $J$  замедляется. На этот факт указывает довольно высокое значение коэффициента  $b_{1,1} = 15,28$ .

Эффект взаимодействия факторов  $x_1$  и  $x_2$  выражен существенно ( $b_{1,2} = 11,12$ ), что проявляется в ослаблении роли качества (моторной группы) отработанного масла (при переходе от  $M = -1$  к  $M = +1$ ) в снижении скорости изнашивания  $J$  по мере роста коэффициента регенерации.

Влияние запаса качества масла, фиксируемого группой моторных свойств (фактор  $x_2$ ), проявляется аналогично действию показателя  $\varphi_p$  (фактор  $x_1$ ), но проявляется менее ярко ( $b_2 = -19,7$ ), так как его численное значение  $b_2$  меньше  $b_1$ . При переходе от отработанного масла группы  $\Gamma_2$  к группе  $D_2$  скорость износа трибосопряжений лабораторной установки падает. Снижение  $J$  по мере увеличения  $x_1$  замедлялось при переходе с масла М14Д<sub>2</sub>(цл20) на М14Д<sub>2</sub>(цл30) по сравнению с заменой М14Г<sub>2</sub>(цс) на М14Д<sub>2</sub>(цл20). На этот факт указывает величина и положительное значение коэффициента  $b_{1,2}$ .

Квадратичный эффект от действия фактора  $x_2$  проявляется в наименьшей мере ( $b_{2,2} = 5,15$ ), но он значим. Положительное значение его, также как и коэффициента  $b_{1,1}$  указывает на то, что кривизна зависимостей  $y(x_1)$  и  $y(x_2)$  направлена вниз, соответственно к абсциссам  $x_1$  и  $x_2$ .

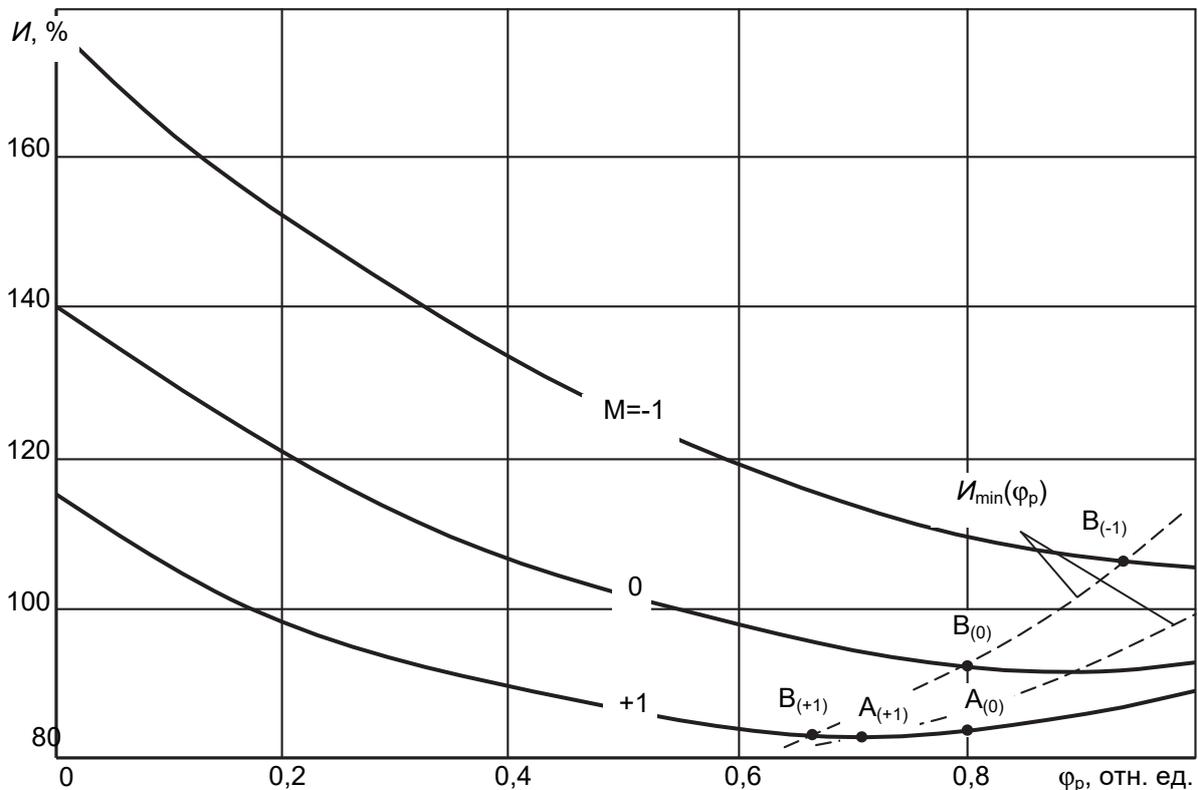


Рисунок 1 - Зависимость износа от коэффициента регенерации отработанного масла

Приведенный анализ уравнения (1) иллюстрируется на рисунке 1, на котором представлены зависимости скорости изнашивания роликов для регенерированных масел разного качества (моторной группы) в зависимости от коэффициента их регенерации, который в какой-

то мере связан с остаточной концентрацией НРП в ММ. По рисунку можно заключить, что для регенерированных масел допустимо остаточное загрязнение масел нерастворимыми примесями, которое может составлять в зависимости от группы ММ 0,2-0,8%. Эти показатели центробежным сепарированием легко достигаются.

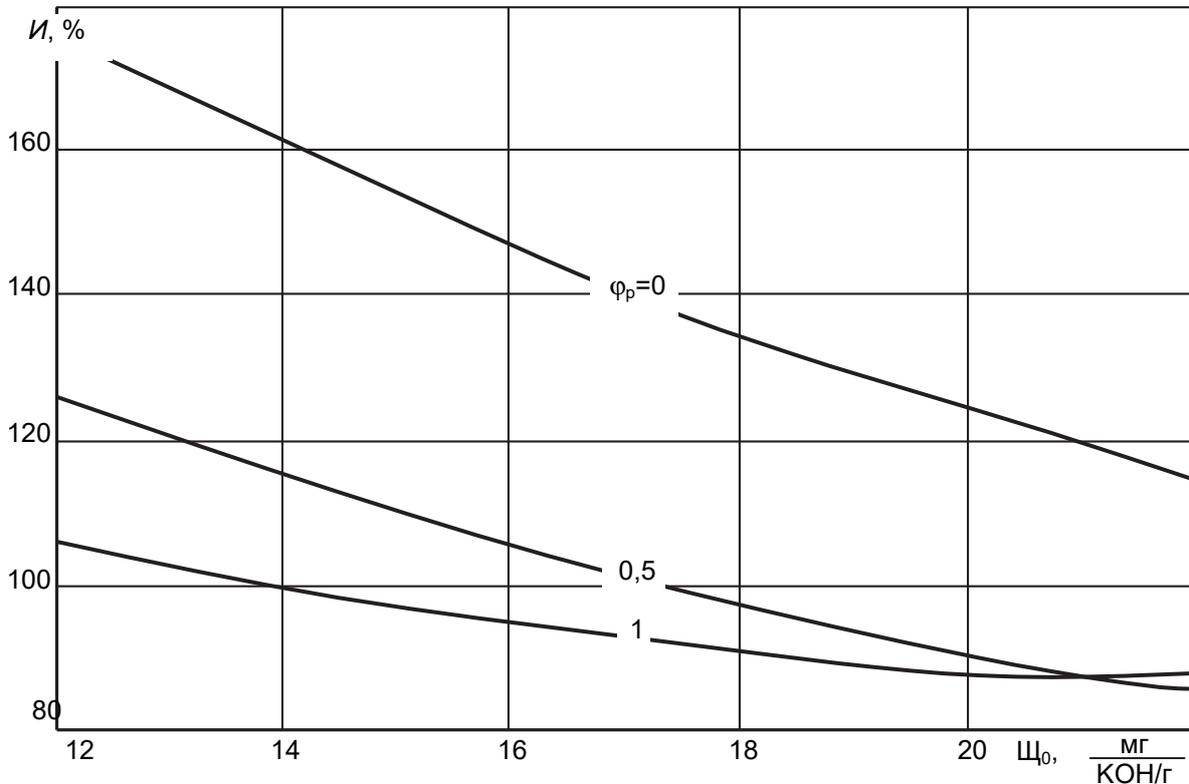


Рисунок 2 – Влияние качества и глубины регенерации масла на его износные свойства

Роль масел в снижении  $I$  при увеличении  $\varphi_p$  ослабевает. Если при  $\varphi_p = 0$  переход от масла  $M = -1$  к  $M = 0$  приводил к снижению  $I$  на 35%, то при  $\varphi_p = 0$ ,  $\Delta I$  составило всего 14% (рисунок 1). При этом для масел группы  $D_2$  переход от  $M = 0$  к  $M = +1$  выразился в снижении  $\Delta I$  соответственно при  $\varphi_p = 0$  на 26%, а при  $\varphi_p = 0,5$  – на 21%. Приведенные данные указывают на то, что противоизносные характеристики полностью регенерированных масел ( $\varphi_p = 1$ ) сближаются и отличаются не значительно. При увеличении  $\varphi_p$  от 0 до 1 снижение  $I$  для масла  $M = -1$  произошло в 1,66 раз, а нефтепродукта  $M = 0$  и  $M = +1$  соответственно в 1,52 и 1,29.

На рисунке 1 пунктирными линиями  $I_{(min)}(\varphi_p)$  на зависимостях  $I(\varphi_p)$  для масел разных эксплуатационных групп выделяются участки со значениями  $\varphi_{p(opt)}$ , на которых износ минимален. Правая точка  $A_i$  пересечения кривых  $I(\varphi_p)$  соответствует их экстремуму. Левая  $B_i$  – допустимому значению остаточного загрязнения НРП отработанных ММ для групп  $\Gamma_2$  и  $D_2$  с разным уровнем щелочности.

Снижение износных свойств отработанных масел в наибольшей мере проявляется до коэффициента регенерации, равного 0,6. Дальнейшее его повышение, особенно для масел со щелочностью более 20 мг КОН/г, эффекта не дает (рисунок 2). Так при этой щелочности повышение  $\varphi_p$  от 0 до 0,5 снижает  $I$  в 1,4 раза, а с 0,5 до 1 всего на 8,8%.

Увеличение коэффициента регенерации более 0,5 для масел группы  $D_2$  не приводит к значительному снижению  $I$ . Эффект может составить не более 10% (рисунок 2).

Пределы центрифугирования отработанных масел по их коэффициенту регенерации могут быть найдены путем исследования зависимости (1) на экстремум. Для этого необходимо взять первую производную по  $dy/dx_1$  и приравнять ее нулю

$$\frac{dy}{dx_1} = 24,15 + 11,12x_2 + 2 \cdot 15,28x_1 = 0;$$

$$x_{1(\text{opt})} = \frac{25,15 - 11,12x_2}{30,56} = 0,79 - 0,36x_2. \quad (2)$$

Для отработанных масел с уровнем эксплуатационных свойств, закодированных как  $M = -1, 0$  и  $+1$  допустимо регенерацию проводить до  $x_1$ , соответственно равное 1,15, 0,79 и 0,43. При достижении этих значений коэффициента регенерации дальнейшее углубление очистки отработанных масел от НРП не приводит к снижению их износных свойств. Для масла М14Г<sub>2</sub>(цс) в пределах рассматриваемого фактора пространства ( $x_1 = 0-1$ ) экстремума не наблюдается, что указывает на необходимость очистки этого продукта до достижения предела центрифугирования ( $x_{\text{огм}} = 0,2-0,3 \%$ ).

Для масел группы Д<sub>2</sub> стабилизация  $J$  наблюдается при  $x_1 > x_{1(\text{opt})}$ , то есть для  $M = 0$  она происходит когда  $x_1$  становится больше 0,79. При очистке масла  $M = +1$  стабилизация  $J$ , как показал однофакторный эксперимент, происходит при  $x_1 \geq 0,43$  [6].

Наличие экстремума в проведенном эксперименте обусловлено использованием для моделирования полиномов 2-го порядка, которые точками перегиба позволяют фиксировать наступление стабилизации показателя функции отклика  $y$ . На это указывают, как уже отмечалось, проведенные однофакторные эксперименты для рассматриваемых отработанных масел с большим количеством опытов с фиксацией фактора  $x_1$  с шагом 0,25. При этом зависимости  $J(x_1)$  удовлетворительно аппроксимируются нисходящимися экспонентами [10, 11].

Окончательные рекомендации по обеспечению требуемой глубины очистки отработанных масел в зависимости от их качества представлены в таблице 4. Рекомендации работают не только для масел выделенных групп, но и для всех свежих масел, у которых группа эксплуатационных свойств  $M$  может идентифицироваться через зольность фугата ( $Z_M, \%$ ) и щелочность ( $Щ_0, \text{мг КОН/г}$ ) следующими соотношениями [6]

$$M = \frac{Щ_0 - 20}{10}, \quad M = \frac{Z_M - 3,0}{1,5}.$$

Применительно к судовым унифицированным свежим ММ, эксплуатационные свойства которых идентифицируются показателем  $Щ_0$  и  $Z_M$  или их совокупностью, уравнение (1) может быть трансформировано в зависимости следующего вида

$$И = 140,9 - 109,32\varphi_p - 30,9M + 22,24\varphi_p M + 61,12\varphi_p^2 + 5,13M^2; \quad (3)$$

$$И = 223,2 - 153,8\varphi_p - 5,142Щ_0 + 2,224\varphi_p Щ_0 + 61,12\varphi_p^2 + 0,0512Щ_0^2; \quad (4)$$

$$И = 283,2 - 153,8\varphi_p - 34,34Z_M + 14,82\varphi_p + 61,12\varphi_p^2 + 2,273Z_M^2; \quad (5)$$

В этом случае ограничения по требуемой глубине очистки отработанных масел рассматриваемых групп Г<sub>2</sub> и Д<sub>2</sub>, задаваемой коэффициентом  $\varphi_{p(\text{opt})}$  регенерации могут быть рассчитаны по формулам

$$\varphi_{p(\text{opt})} = 0,894 - 0,182M; \quad (6)$$

$$\varphi_{p(\text{opt})} = 1,258 - 0,1836Щ_0; \quad (7)$$

$$\varphi_{p(\text{opt})} = 1,258 - 0,12123Z_M. \quad (8)$$

Значение этих коэффициентов регенерации для масел с низким уровнем моюще-диспергирующих свойств близко к 1, что указывает на необходимость полной их очистки от крупнодисперсных НРП вплоть до предела центрифугирования, когда в регенерированном масле остаются дисперсные фазы с размерами частиц менее 0,7 мкм. Остаточное загрязнение НРП отработанных регенерированных масел более высших эксплуатационных групп (например Д<sub>2</sub>) может быть выше. Этот уровень концентрации мелкодисперсных НРП не окажет заметного влияния на износные свойства регенерированных и восстановленных масел (таблица 4)

Эксплуатационные наблюдения за старением в форсированных тронковых дизелях регенерированных масел с восстановленными легированием многофункциональными присадками показало, что выполнение рекомендаций таблицы 4 по глубине очистки отработанных

ММ способствует сохранению их моторных качеств на уровне использования свежих продуктов, соответствующей группы [3, 6].

*Таблица 4 - Рекомендуемый уровень регенерации отработанных масел и допустимого остаточного их загрязнения НРП*

Моторное масло	Характеристика свежего масла		Применяемое топливо	Форсировка дизеля по $p_{me}$ , МПа	Коэффициент регенерации $\varphi_p$ , отн. ед.	Остаточное загрязнение $C_{ост}$ , % масс.
	щелочность $\omega_0$ , мг КОН/г	зольность $z_a$ , % масс.				
М10Г <sub>2</sub> (цс) М14Г <sub>2</sub> (цс) М16Г <sub>2</sub> (цс)	8-12	1,2-1,6	Л-0,2-61 СМТ ТГВК	0,8-1,2	0,9	0,1-0,2
М10Д <sub>2</sub> (цл20) М14Д <sub>2</sub> (цл20)	18-23	2,8-3,2	СЛ, ДГ Ф6, Ф12 М-40В	1,2-1,8	0,8-0,9	0,3-0,5
М14Д <sub>2</sub> (цл30) М16Д <sub>2</sub> (цл30)	27-32	4,2-4,8	СВТ ДМ М-100	1,2-2,0	0,7-0,8	0,4-0,8

Износ, нагаро- и лакообразование дизелей находились при сравнительных испытаниях свежих и регенерированных (восстановленных) масел практически на одинаковом уровне [4, 5]. Срабатывание присадок в обоих вариантах происходило с одинаковой скоростью, что указывает на то, что остаточные загрязнения регенерированных масел в допустимых (таблица 4) пределах не сказывается на интенсивности основных направлений их старения.

Глубокая очистка регенерированных масел до полного удаления НРП, например, применением коагулянтов не способствует улучшению противоизносных и моюще-диспергирующих восстановленных на их основе нефтепродуктов. Это обусловлено тем, что полное удаление мелкодисперсной фазы нерастворимых загрязнений из регенерированных масел микрофльтрацией или сепарировании в интенсивном центробежном поле способствует отфуговыванию находящихся в коллоидном состоянии большинства присадок типа МАСК, ППС и некоторых модификаторов трения, что приводит к ухудшению эксплуатационных свойств восстановленных ММ [10]. Остаточная доля многофункциональных присадок в регенерированных масел, если полностью не удалять НРП и соблюдать требования, приведенные в таблице 4, в зависимости от группы ММ и условий его использования, может составлять 10-35%. Переходя в восстановленное масло, они полностью компенсируют расходы добавляемых свежих присадок при его легировании на диспергирование и стабилизацию остаточных НРП.

**Выводы:**

– Испытаниями на машине трения с оценкой противоизносных свойств загрязненных нерастворимыми примесями отработанных масел доказана рациональность неполной их регенерации с частичным удалением НРП. На основе критерия изнашивания получены выражения для расчета требуемого коэффициента регенерации отработанных масел и допустимой глубины их очистки от нерастворимых загрязнений, при которых эксплуатируемые свойства восстановленных легированием присадок ММ будут находиться на уровне характеристик свежего продукта соответствующей группы.

– Коэффициент регенерации отработанных масел по нерастворимым примесям в зависимости от их эксплуатационных свойств для группы Г<sub>2</sub> с начальной зольностью 1,2-1,6% и щелочностью 8-12 мг КОН/г составляет 0,9-1, Д<sub>2</sub> с зольностью 1,2-1,6% и щелочностью 9-12 мг КОН/г – 0,8-0,9, Д<sub>2</sub> с зольностью 4,2-4,8% и щелочностью 27-32 мг КОН/г – 0,7-0,8. При этом остаточное загрязнение регенерированных масел мелкодисперсной нерастворимой фазой может составлять 0,1-0,8 %.

– Эксплуатационными испытаниями подтверждено, что при предлагаемой глубине очистки отработанных ММ от нерастворимых примесей противоизносные и моюще-диспергирующие свойства восстановленных на их основе продуктов соответствуют уровню свежих масел соответствующих групп. Это обусловлено переходом в восстановленное масло вместе с остаточными НРП части нерастворимых многофункциональных присадок, находящихся в коллоидном состоянии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тарасов, В.В. Принципиальная схема установки по регенерации отработанного моторного масла в судовых условиях / В.В. Тарасов, П.В. Кулямов // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 175-179.
- 2 Тарасов, В.В. Проблемы утилизации и регенерации отработанных смазочных материалов на судах: пути их решения восстановлением моторных свойств и повторным использованием в судовых дизелях / В.В. Тарасов // Сб. науч. тр. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2010». -Одесса: Транспорт, 2010. -Т.1. -С. 65-71.
- 3 Тарасов, В.В. Оценка эффективности использования регенерированного моторного масла в судовых дизелях / В.В. Тарасов // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2010. -№2. -С. 146-152.
- 4 Кича, Г.П. Эффективность применения в судовых дизелях регенерированных восстановленных отработанных моторных масел / Г.П. Кича, В.В. Тарасов, Е.М. Деревцов // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2016. -№1-2. -С. 83-91.
- 5 Кича, Г.П. Регенерированные отработанные моторные масла и восстановление их эксплуатационных свойств на судах / Г.П. Кича, В.В. Тарасов, С.В. Глушков // -Морские интеллектуальные технологии. -2016. -№3(33). -Т.1. -С. 126-132.
- 6 Кича, Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. - Владивосток: Изд. Мор. гос. унив., 2011. -372 с.
- 7 Надежкин, А.В. Имитационная модель трибодиагностики двигателей внутреннего сгорания / А.В. Надежкин, А.В. Безвербный, Г.П. Кича // -Трение и смазка в машинах и механизмах. -2009. -№3. -С. 6-14.
- 8 Кича, Г.П. Триботехнические характеристики нерастворимых продуктов загрязнения моторных масел и их влияние на износ дизеля / Г.П. Кича, Г.М. Липин, С.П. Полоротов // -Трение и износ. -1998. -Т.7, -№6. -С. 1068-1078.
- 9 Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. -М.: Машиностроение, 1981. -184 с.
- 10 Кича, Г.П. Имитационное моделирование смазки трибосопряжений и изнашивания основных деталей ДВС / Г.П. Кича, А.В. Надежкин, Б.Н. Перминов // -Транспортное дело России. -2004. -№2. -С. 51-53.
- 11 Kicha, G.P. Wear simulation of vessel trunk piston diesels using unifec motor oils / G.P. Kicha, B.N. Perminov, A.V. Nadezkin // -Trenie i iznos. -2004, -Vol. 25, -№6. -P. 635-641.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *регенерация масла, износные характеристики загрязненного масла, восстановление эксплуатационных свойств масла, износные испытания масел, эксплуатационные испытания дизеля*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Тарасов Валерий Васильевич, профессор ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»*

## **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 M-10-Г2(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, the aging of the engine oil, the 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].

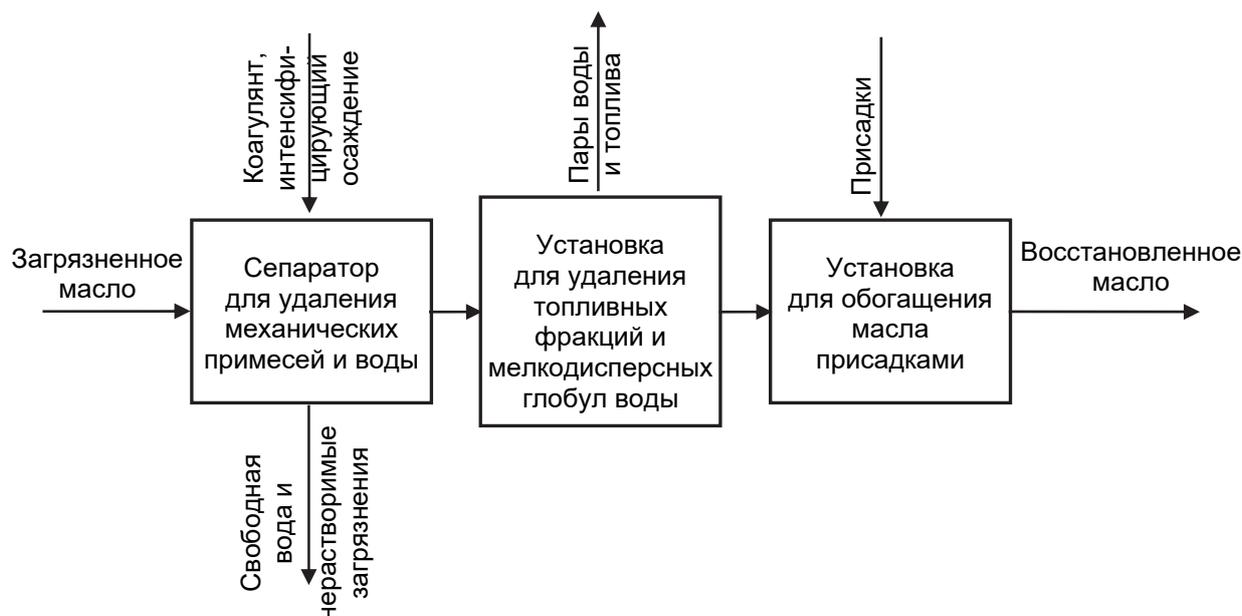


Рисунок 1 - Схема регенерации и восстановления отработанного ММ

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 восстановления 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).

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.

Таблица 1 - Физико-химические показатели масел

Показатели	Отработанное	Регенерированное восстановленное	Свежее масло М10Г <sub>2</sub> (цс)
Вязкость кинематическая при 100 °, 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	отсутствует	отсутствует
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

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: термкоокислительной 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 2 тыс. ч. Состояние и рабочий процесс дизеля контролировали диагностическим комплексом «Аутроника НК-5». Износ деталей двигателя (втулок цилиндров и шеек коленчатого вала) определяли с помощью метода искусственных баз (приборы УПОИ-6, УПОИВ-2) и взвешиванием порш-

невых 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-нафтеновые 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 смоличных соединений при термоокислительной деструкции углеводородов. Содержание смол в регенерируемом (восстановленном) масле увеличилось за 2 тыс. 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 цилиндра-поршневой группы (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  $CO$  (степенью окисления), который вычислялся по содержанию в ММ карбонильных групп  $-C=O$  (данные ИК-спектроскопии) через отношение интегральной интенсивности полосы поглощения в области частот  $1550-1850\text{ см}^{-1}$  к интегральной интенсивности близлежащей полосы поглощения группы  $C=C$  ароматических ядер (частота  $1550-1650\text{ см}^{-1}$ ).

Степень окисления регенерированного и товарного масел к концу испытаний была примерно одинакова. Динамика роста показателя  $CO$  у обоих масел была разная. Содержание карбонилсодержащих продуктов у товарного масла после 1,2 тыс. ч его работы практически стабилизировалась. У регенерированного нефтепродукта показатель  $CO$  за срок службы масла монотонно возрастал с 1,5 до 8,7%.

Коллоидное загрязнение масел  $K3$  определялось методом диализа по выходу концентрата на мембранном фильтре. У регенерированного масла показатель  $K3$  был несколько выше. К концу этапа испытаний он соответствовал значению 2,85 против 2,34% у товарного нефтепродукта. Интенсивность роста показателя  $K3$  у обоих масел после 0,7 тыс. ч работы замедлялся. 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  $S_z$  на уровне 0,44% наблюдалась уже через 0,75 тыс. 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.

Процесс срабатывания присадок контролировали потенциометрическим титрованием (ГОСТ 11362-96) по показателю щелочности масла  $\omega$ . 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  $\omega$  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 1,2 тыс. ч работы масел. По параметру  $m_d$  лучшие показатели у регенерируемого масла, что указывает на то, что запас дис-

пергирующе-стабилизирующих свойств у него выше. Несмотря на более высокий уровень КЗ,  $C_x$  и  $C_3$  величина  $m_d = 0,4-1,6$  мкм у восстановленного масла довольно приемлемая для долгорботающего режима использования.

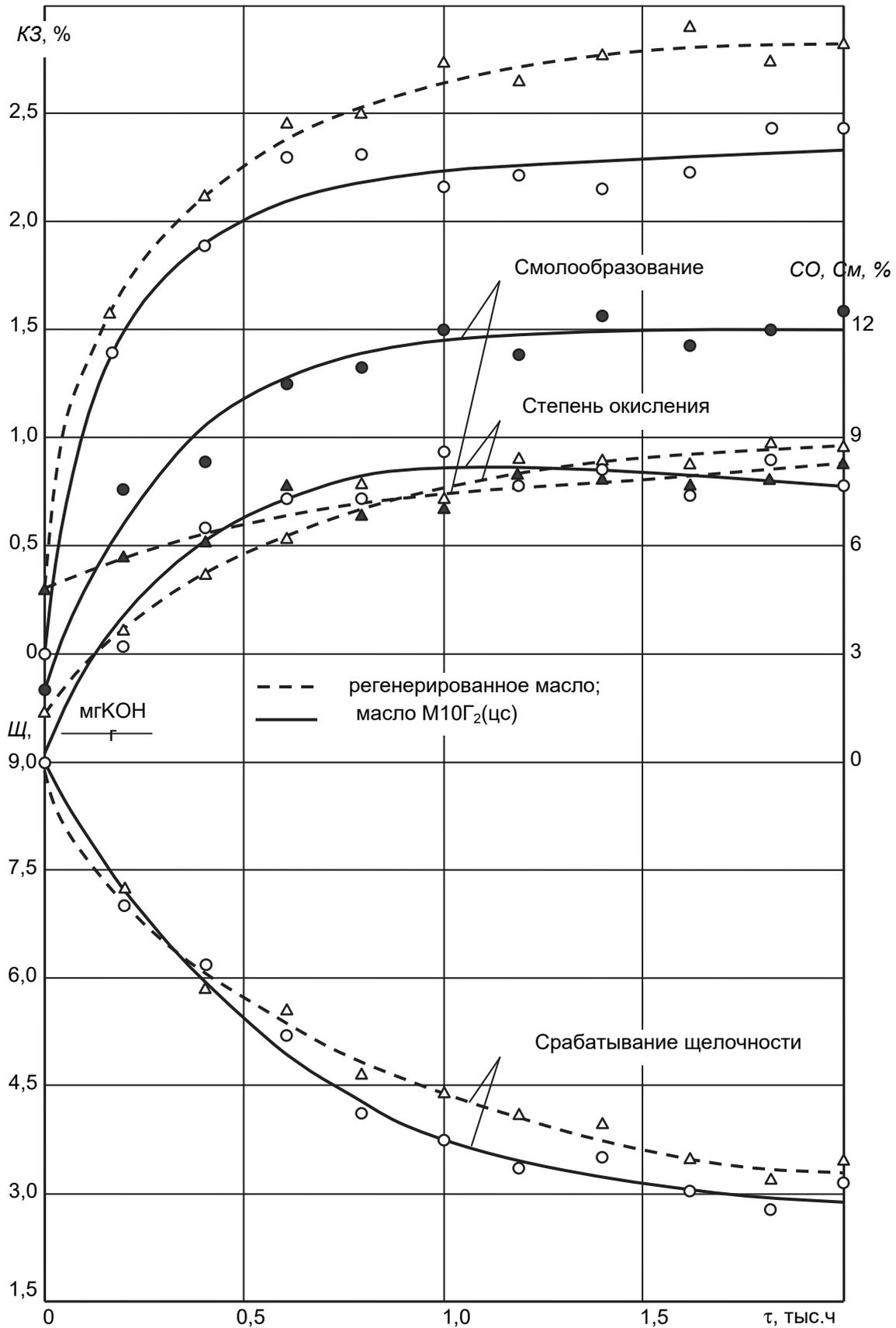


Рисунок 2 - Кинетика старения регенерированного (восстановленного) и свежего масла М10Г<sub>2</sub>(цс) в дизеле 8ЧНСП18/22

Кислотность масел  $K$  по мере работы их в дизеле росла по экспонентам и стабилизировалась после 1,2 тыс. 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 (падение щелочности на рисунке 2).

Вязкость масел  $\nu$  была стабильна в течение 1,2 тыс. ч их работы. Уровень  $\nu$  находился в пределах 10,3-12,2 сСт. Усиление деструкции углеводородов и увеличение концентрации НРБ в промежутке 1,5-2 тыс. ч работы масел привел к небольшому повышению вязкости до 11,5 и 12,2 сСт соответственно для товарного и регенерированного нефтепродуктов (рисунок 4).

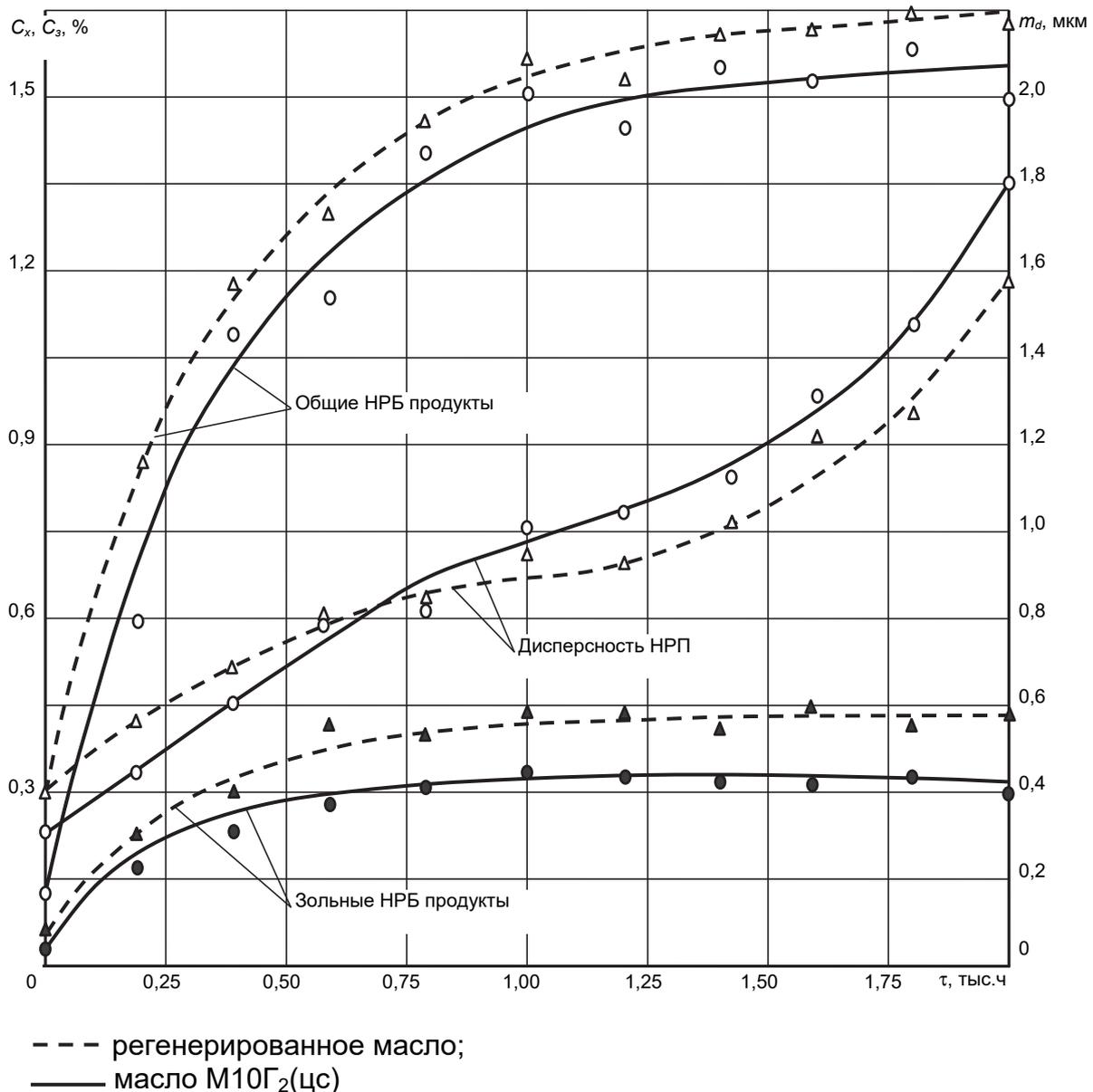


Рисунок 3 - Накопление НРП и изменение их дисперсности в сравниваемых маслах

Оценка состояния масел в конечных пробах (таблица 3) показала удовлетворительное их состояние. Они пригодны для дальнейшего использования как минимум еще до 3 тыс. 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.

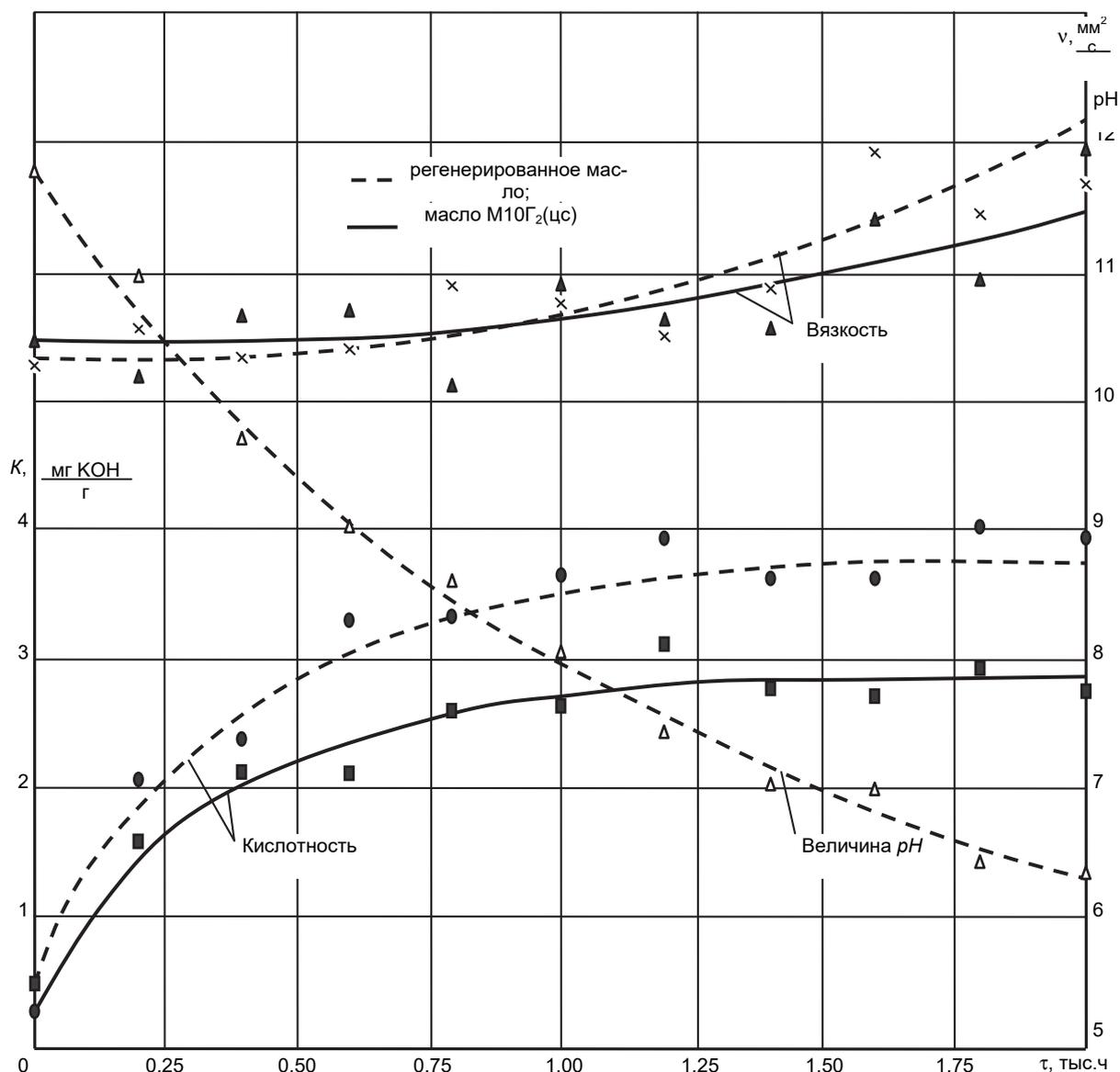


Рисунок 4 - Кинетика старения регенерированного и товарного масла в дизеле 8ЧНСП18/22

Для этого необходимо применение центрифуги пятого типоразмера с вместимостью ротора  $1320 \text{ см}^3$ , фактором разделения 4500 и индексом производительности  $40 \text{ м}^2$ . 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  $228\text{-}230 \text{ }^\circ\text{C}$ , что указывает на отсутствие поступления топлива в систему смазки и испарения легкокипящих фракций из масел. Коэффициент их очистки комбинированным комплексом к моменту отработки 2 тыс. ч находится в пределах 30-49%, что не достаточно для перевода масел в режим долгорботающего (безлимитного) использования. Срок службы фильтрую-

щих элементов довольно высок. Он составляет 1,6-1,8 тыс. ч, что указывает на высокие диспергирующие и стабилизирующие свойства испытываемых масел.

*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 <i>pH</i>	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*	0,51 ± 0,04
Интенсивность очистки от НРБ продуктов, г/ч	0,9 ± 0,2	0,8 ± 0,2
– 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

Моторная эффективность масел по влиянию на состояние дизеля представлена в таблице 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 цилиндровых втулок по сравнению с показателями при работе на РММ.

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 теплоходе «Находкинский рабочий» в двигателях ДД103 и ДД104 показало возможность полного соблюдения регламента их обслуживания и моторесурса, задаваемого техническими условиями на эксплуатацию.

**Выводы:**

1 Сравнительные эксплуатационные испытания в дизеле 8ЧНСП18/22 товарного нефтепродукта М10Г<sub>2</sub>(цс) и отработанного ММ, регенерированного в установке РУМС-1 и восстановленного в судовых условиях легированием многофункциональными присадками до уровня группы Г<sub>2</sub>, 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.

2 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.

*Таблица 4 - Оценка износа и нагара в дизеле 8ЧНСП18/22 в период эксплуатационных испытаний*

Показатель	Масло	
	свежее	восстановленное
<b>Скорость изнашивания:</b>		
– 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)
<b>Нагаро- лакообразование на поршнях:</b>		
– 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)
<b>Подвижность поршневых колец:</b>		
– компрессионные, балл	1,7 ± 0,4	1,5 ± 0,3
– маслосъемные, балл	0,8 ± 0,1	0,6 ± 0,07

3 Ресурсосберегающее маслоиспользование в форсированных дизелях при работе на товарном и регенерированном (восстановленном) масле 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 // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дальн. Вост. -2015. -№2. -С. 175-179.
- 2 Кича, Г.П. 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. Надежкин. -Владивосток: Изд. Мор. гос. унив, 2011. -372 с.
- 4 Тарасов, В.В. Оценка эффективности использования регенерированного моторного масла в судовых дизелях / В.В. Тарасов // -Науч. 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.Ы. 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»  
690059, г.Владивосток, ул.Верхнепортовая, 50а, ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

## ПРОБЛЕМЫ СУДОВОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»

С.Н. Бурков

PROBLEMS OF MARINE VIBRATION PROTECTION  
Novosibirsk state agrarian university  
S.N. Burkov

Noise and vibration design in ships is discussed as a system caused by low effectiveness.

Keywords: vibration

Рассмотрены системные трудности при проектировании судовых систем виброизоляции в связи с их низкой эффективностью.

Современное судостроение сталкивается с множеством вызовов. В ряду наиболее значимых проблем следует отметить принципы использования классической теории виброизоляции в приложении к главным и вспомогательным двигателям. Научная основа современных пассивных средств виброизоляции базируется на принципе увеличения частотного отношения источника вибрации и защищаемого объекта. Этот принцип предусматривает существование механической низкочастотной вибрации, которая не вызывает интенсивных колебаний судового корпуса и высокочастотных источников, которые являются основной проблемой для виброизоляции. Подразумевается, что снижение жесткости автоматически приведёт к повышению эффективности подвески. Практика показывает, что эти предположения не всегда верны. На этот факт настойчиво указывали классики виброзащиты [1,2] именно эти высокочастотные колебания и являются причиной кризиса теории в настоящее время. Физическая основа такого эффекта заложена в исходных предпосылках теории идеальной виброизоляции. Предполагается, что упругий элемент не имеет массы и вязких потерь. Фактически это не является доказанным, особенно по отношению к эластомерам. Другой проблемой является указанная в работе [3] связь между объёмом виброизолятора и его эффективностью. Наименьшая собственная частота колебаний оборудования может быть найдена по формуле

$$\lambda = \sqrt{\frac{Eg}{[\sigma]a}}, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  
 $E$  – модуль упругости при растяжении;  
 $[\sigma]$  – допускаемое напряжение;  
 $a$  – характерный размер виброизолятора.

Для современных материалов результат получается неприемлемый по габаритам даже для невысоких требований к судовым опорам. Можно ли предложить эффективный путь выхода из сложившегося противоречия? На наш взгляд необходимо искать альтернативные пути в области физических основ передачи вибрации через конструкцию опоры. Такой поиск является исключительно трудным и непредсказуемым. Например, упругие волны в сплошных средах, по сути, являются продольными, и применить к ним метод поляризации невозможно.

Активные системы виброзащиты в принципе можно вывести на необходимый уровень эффективности, но здесь имеются технологические трудности при эксплуатации и при проектировании. Высокое быстродействие таких систем ограничено областью их устойчивости.

В практике судостроения известны проекты, на которых главный двигатель подвешивался мягко на металлических пружинах. Например, судно пр. 81470 – мелкосидящий буксир-толкач имело дизель мощностью 110 кВт установленный на десяти упругих элементах. Четыре пружины несли функцию стабилизатора. Подвеска была близкой к той, что используют для судовых электростанций. Четыре длинных рычага были связаны с рамой дизеля и базировались на элементах набора палубы. Для тяжёлых двигателей такой подход недопустим.

На необходимость пересмотра проектных подходов указывает то, что при модерниза-

ции энергетической установки конструкторы используют технические решения ранее не применявшиеся ввиду своей сложности. Так, судно пр. 1741 претерпело несколько смен двигателя начиная с шестицилиндровых 6NVD26 и восьмицилиндровых российских 8ЧНСП18/22 до китайских 8ЧН17/20. Несмотря на использование наклонных виброизоляторов с компактным расположением и достаточно большой массой узла крепления получить приемлемую эффективность не удавалось. Очевидно, коренной причиной низкой эффективности указанных средств является логарифмическая связь между попытками увеличения перепада вибрации и субъективной оценкой результата. Перейти указанную границу можно только за счёт использования принципиально новых средств.

Одним из приемлемых решений может быть вакуумный виброизолятор с нулевой жесткостью. Поскольку вакуум не может быть ниже 100 кПа, следует учитывать большой габарит в плане таких опор. На один квадратный метр нагрузка не может превышать 100 кН. Разрешить это противоречие можно с помощью устройств [4] рычажного типа. Динамическая уравновешенность рычагов обеспечивается за счёт крепления в центре удара и сбалансированной конструкции. При этом нулевая жёсткость требует системы стабилизации имеющей низкую частоту колебаний.

В заключение можно отметить необходимость пересмотра существующих методов проектирования виброзащитных подвесок судового оборудования. Необходим переход на весьма мягкие упругие элементы, в том числе пневматические с обратной связью по перемещению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, А.М. Колебания в судовых механизмах: учебник / А.М. Барановский, Л.В. Пахомова, Ю.И. Ришко. - Новосибирск: Сиб. гос. ун-т водн. трансп., 2015. -209 с.
- 2 Потянихин, А.Н. Проблемы снижения структурной вибрации речных судов / А.Н. Потянихин [и др.] // -Судостроение. - 2009. -№4. -С. 48-49.
- 3 Клюкин, И.И. Состояние и задачи борьбы с шумом на судах / И.И. Клюкин // -Судостроение. -1966. -№11.
- 4 Попков, В.И. Характеристика механизмов как источников вибраций / В.И. Попков. Труды ЛЭТИ им. В.И.Ульянова. -1968. -Вып. 63.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *вибрация*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:** *Бурков Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «НГАУ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630039, г.Новосибирск, ул.Добролюбова, 160, ФГБОУ ВПО «НГАУ»*

## НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

А.Н. Шпиганович, Г.В. Квашнина

RELIABILITY OF POWER SUPPLY SYSTEMS WITH PARALLEL CONNECTION OF ELEMENTS

Lipetsk state technical university

A.N. Shpiganovich, G.V. Kvashnina

The possibility of increasing the reliability of consumer power by parallel operation of power systems elements. The analysis takes into account the distribution law MTBF of the system elements.

Keywords: electrical power system, reliability, parallel connection, mean time between failures (MTBF), probability of work, distribution law

Рассматривается возможность повышения надежности питания потребителей путем параллельного включения элементов систем электроснабжения. При анализе учитывается закон распределения наработки на отказ элементов системы.

Системы электроснабжения промышленных предприятий представляют сложные иерархические структуры, с большим числом элементов, электрически взаимосвязанных между собой. Последовательное соединение элементов представляют радиальные цепи. Кроме радиальных соединений в основном на подстанциях высокого напряжения электрооборудование соединяется в параллельные цепи, что позволяет в случае отказа отдельной единицы электрооборудования производить переключение нагрузки отказавшей цепи на параллельную автоматически с помощью средств автоматики или, в крайнем случае, – вручную. В зависимости от мощности электрооборудования она может принять на себя всю нагрузку отказавшей цепи или её часть. Работа цепочки на повышенной нагрузке может происходить в течение времени, равном длительности устранения отказа.

Наиболее простым для рассмотрения с позиции возможности временного переключения с одного участка цепи на смежный без существенного изменения параметров цепи можно считать вариант, когда рассматриваемый участок системы включает элементы, работающие по однотипным алгоритмам, выполняющие одинаковые функции и имеющие аналогичное устройство. В упрощенно-схематическом виде параллельное соединение двух аналогичных цепочек оборудования приведено на рисунке 1. Отобразив возможные этапы функционирования каждого элемента параллельного соединения в виде чередующихся событий, соответствующих периоду работы, и их отсутствию в случае отказа элемента, получаем рисунок 2 [1, 2]. На приведенном рисунке  $\tau_{22}$  соответствует длительности одновременной работы двух элементов, а  $\tau_{21}$  – времени функционирования одного элемента из двух в случае отказа второго. Задачей такого соединения является не допустить одновременного выхода из строя обеих параллельных питающих цепей. Поэтому на рисунке 2 не представлен период времени, соответствующий интервалу отказа обоих элементов, соединенных параллельно. Длительность отказа одного из элементов соответствует длительности его ремонта или повторного включения.

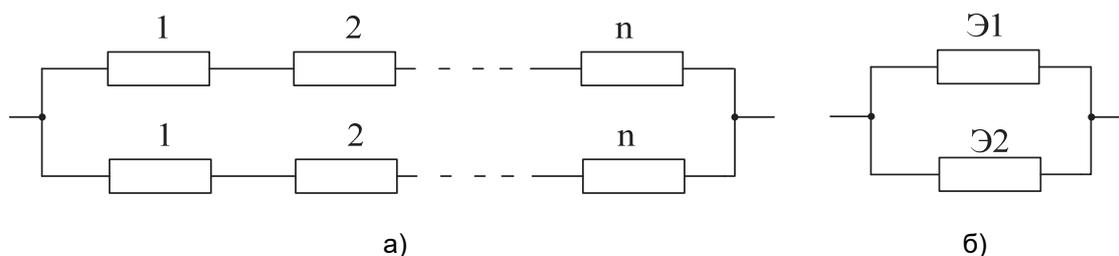


Рисунок 1 – Схема параллельного соединения двух ветвей: а)-электрическая схема; б)-соединение эквивалентных элементов

Если питание приемника предусматривает одновременную работу обеих ветвей схемы, то для параллельного соединения вероятность одновременной работы двух элементов из двух возможных может быть найдена согласно теории вероятности как произведение веро-

ятностей работы элементов [3]

$$p_{22} = p_1 \cdot p_2, \quad (1)$$

где  $p_1, p_2$  – вероятность работы 1-го и 2-го элемента соответственно.

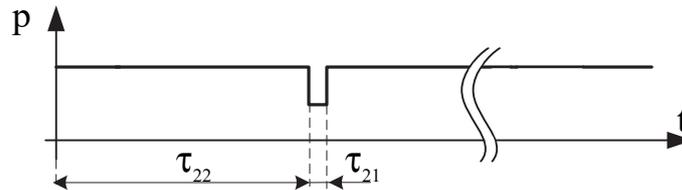


Рисунок 2 – Этапы работы цепи, состоящей из двух параллельных элементов

Длительность суммарной наработки на отказ  $\bar{\tau}_{22}$  в этом случае будет определяться так же, как в случае последовательного соединения двух элементов, так как вне зависимости от типа соединения (последовательного или параллельного) рабочее состояние обеспечивается работой всех элементов

$$\bar{\tau}_{22} = \frac{\bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2}{\bar{\tau}_1 + \bar{\tau}_2}, \quad (2)$$

где  $\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2$  – наработка на отказ  $i$ -го элемента соединения [2].

Вероятность одновременной работы двух параллельно соединенных элементов цепи из двух возможных  $p_{22}$  определится как отношение длительности совместной наработки на отказ к длительности периода

$$p_{22} = \frac{\bar{\tau}_{22}}{T}. \quad (3)$$

Период является суммой длительности наработки и времени отказа

$$T = \bar{\tau} + \bar{\theta},$$

где  $\bar{\theta}$  – средняя длительность времени восстановления отказа.

А частота  $\bar{\mu}$  есть величина, обратная периоду. Следовательно, частота вероятности совместной работы двух элементов  $\bar{\mu}_{22}$  выражается как

$$\bar{\mu}_{22} = p_{22} \cdot (\bar{\tau}_{22})^{-1}. \quad (4)$$

Закон распределения наработки на отказ в случае одновременной работы двух элементов учитывает законы распределения наработок каждого из них. Совместный закон для рассматриваемого случая будет иметь вид [2]

$$\alpha_{22}(\tau) = \alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2(\tau), \quad (5)$$

где  $\alpha_1(\tau), \alpha_2(\tau)$  – закон распределения наработки первого и второго элемента соответственно.

Из анализа параллельного соединения элементов, отвечающего условию необходимости одновременной работы обеих ветвей, видно, что выражения (1) и (3) аналогичны выражениям для последовательного соединения [4]. Следовательно, при условии, что питание потребителя требует одновременной работы всех элементов (ветвей) цепи, тип соединения не влияет на определение вероятности работы, и используются одинаковые выражения.

В тех случаях, когда происходит отказ одной из ветвей, питание приемника будет осуществляться по второй, оставшейся в рабочем состоянии, ветви. При этом если из параллельного соединения двух элементов функционирует только один из них, то параметры соединения определяются согласно зависимостям, учитывающим то, какой из элементов находится в рабочем состоянии, а какой отказал. Например, в случае функционирования первого элемента (рисунок 1б) и отказа второго вероятность работы определяется как произведение вероятности работы работающего элемента на вероятность отказа находящегося в нерабочем состоянии

$$p'_{21} = p_1 \cdot \bar{p}_2, \quad (6)$$

где  $p_1$  – вероятность работы первого элемента;

$\bar{p}_2$  – вероятность отказа второго элемента.

По этой же причине наработка на отказ определяется длительностью наработки перво-

го элемента  $\bar{\tau}_1$  и времени восстановления отказа второго  $\bar{\theta}_2$

$$\bar{\tau}'_{21} = \frac{\bar{\tau}_1 \bar{\theta}_2}{\bar{\tau}_1 + \bar{\theta}_2}. \quad (7)$$

Ввиду того, что время восстановления во много раз меньше длительности наработки на отказ, можем пренебречь ей при расчете длительности периода, то есть будем считать, что  $T \approx \bar{\tau}_1$ . Тогда

$$\bar{\tau}'_{21} \approx \frac{\bar{\tau}_1 \bar{\theta}_2}{\bar{\tau}_1} = \bar{\theta}_2. \quad (8)$$

Частота для указанного случая будет зависеть от вероятности работы, найденной согласно (7), и длительности наработки по (8)

$$\bar{\mu}'_{21} = \frac{p'_{21}}{\bar{\tau}'_{21}} \approx \frac{p'_{21}}{\bar{\theta}_2}. \quad (9)$$

Закон распределения наработки на отказ учитывает состояние каждого элемента: для работающего элемента учитывается функция распределения его наработки, для отказавшего – функция распределения времени восстановления. При функционировании первого элемента и отказе второго совместный закон распределения наработки имеет вид

$$\alpha'_{21}(\tau) = \alpha_1(\tau) \cdot \beta_2(\theta), \quad (10)$$

где  $\beta_2(\theta)$  – закон распределения времени восстановления второго элемента.

Возможна обратная ситуация: отказ первого элемента при нормальном функционировании второго. Зависимости для определения вероятности работы параллельного соединения, суммарной наработки на отказ и частоты в этом случае выражаются исходя из тех же принятых допущений. Совместная функция распределения имеет вид, аналогичный (10)

$$\alpha''_{21}(\tau) = \beta_1(\theta) \cdot \alpha_2(\tau), \quad (11)$$

где  $\beta_1(\theta)$  – закон распределения времени восстановления первого элемента;

$\alpha_2(\tau)$  – функция распределения наработки второго элемента.

Итоговый закон распределения наработки на отказ должен включать функции распределения соединения при всех возможных состояниях элементов и учитывать как функции распределения наработок, так и функции распределения времени восстановления элементов в зависимости от их состояния. Однако при этом удельный вклад каждого из событий определяется длительностью его воздействия, то есть длительностью учета функции распределения при определенном сочетании работающих элементов. Суммарная функция распределения наработки на отказ будет зависеть от вероятностей работы всех элементов

$$\alpha_{21\Sigma}(\tau) = p_{22} \cdot \alpha_{22}(\tau) + p'_{21} \cdot \alpha'_{21}(\tau) \cdot \beta''_{21}(\theta) + p''_{21} \cdot \alpha''_{21}(\tau) \cdot \beta'_{21}(\theta). \quad (12)$$

Однако, рассчитав для анализа вероятность работы двух элементов или одного из двух параллельных, полагая, что вероятность работы одного элемента  $p_i = 0,99999972$ , и элементы соединения однотипны, получаем, что вероятность одновременной работы двух элементов  $p_{22} \approx 0,9999994$ , а  $p_{21} \approx 5,6 \cdot 10^{-7}$ . Отсюда можно сделать вывод, что и удельный вес ситуации, когда функционирование соединения обеспечивается работой одного элемента из двух, очень мала. Следовательно, в выражении (12) вероятностями  $p'_{21}$  и  $p''_{21}$  можно пренебречь ввиду малости их значений. В то же время основной целью является создание надежной системы питания приемников, следовательно, необходимо, чтобы значение  $p_{22}$  было максимально приближенно к единице. При этом получим, что суммарный закон распределения наработки  $\alpha_{21\Sigma}(\tau)$  с допустимой мерой точности сводится к закону распределения наработки для совместного функционирования элементов  $\alpha_{22}(\tau)$ . Функция распределения с большой точностью соответствует выражению

$$\alpha_{21\Sigma}(\tau) \approx \alpha_{22}(\tau). \quad (13)$$

В общем виде для произвольного числа параллельно соединенных  $N$  элементов функция распределения в случае параллельного соединения  $N$  эквивалентных элементов, будет иметь вид

$$\alpha_{N,1\Sigma}(\tau) = p_{N,N} \cdot \alpha_{N,N}(\tau) + p'_{N,N-1} \cdot \alpha'_{N,N-1}(\tau) \cdot \beta''_{N,N-1}(\theta) \cdot \beta'''_{N,N-1}(\theta) + \dots + p'''_{N,1} \cdot \alpha'''_{N,1}(\tau) \cdot \beta'_{N,1}(\theta) \cdot \beta''_{N,1}(\theta). \quad (14)$$

Учитывая рассуждения, приведенные выше, получаем

$$\left. \begin{aligned} \rho'_{N,N-1} \cdot \alpha'_{N,N-1}(\tau) \cdot \beta''_{N,N-1}(\theta) \cdot \beta'''_{N,N-1}(\theta) \approx 0; \\ \dots \\ \rho'''_{N,1} \cdot \alpha'''_{N,1}(\tau) \cdot \beta'_{N,1}(\theta) \cdot \beta''_{N,1}(\theta) \approx 0. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Следовательно

$$\alpha_{N,1\Sigma}(\tau) \approx \alpha_{N,N}(\tau). \quad (16)$$

Зависимость (16) показывает, что при любом количестве параллельно соединенных элементов суммарный закон распределения наработку на отказ сводится к функции распределения наработки одновременной работы всех элементов соединения. Закономерность (14) и допущения, принятые при ее получении, может быть распространена на любое число параллельных ветвей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Волков, Н.Г. Надежность электроснабжения. Учеб. пособие / Н.Г. Волков. -Томск: Том. политех. ун-т, 2003. -140 с.
- 2 Шпиганович, А.Н. Случайные потоки в решении вероятностных задач / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош. - Липецк: ЛГТУ, 2003. -224 с.
- 3 Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. -М.: Наука, 1981. -720 с.
- 4 Шпиганович, А.А. Формирование параметров элементов, определяющих функционирование технических систем / А.А. Шпиганович, С.А. Ляпин, Г.В. Квашнина. -Липецк: Вести высших учебных заведений Черноземья. -2012. -№1(27). -С. 3-5.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *система электроснабжения, надежность, параллельное соединение, наработка на отказ, вероятность работы, закон распределения*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Шпиганович Александр Николаевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «ЛГТУ»  
 Квашнина Галина Владимировна, аспирант ФГБОУ ВО «ЛГТУ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *398600, г.Липецк, ул.Московская, 30, ФГБОУ ВО «ЛГТУ»*

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «РУЛЕТКИ» ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**А.Х. Мусин, А.А. Зарубин**

**IMPLEMENTATION OF THE ROULETTE-METHOD FOR RISK ASSESSMENT IN THE ELECTRICITY SUPPLY TO CONSUMERS**  
 Altai state technical university named I.I.Polzunova  
 A.H. Musin, A.A. Zarubin

The application of a random number generator to determine the fault location in the electrical network calculating the no-received power depending on the fault location in an electrical network, which beforehand unknown to us. To overcome this uncertainty, the authors propose a method of «roulette».

*Keywords: electrical power system, risk, simulation, risk assessment, random number  
 15/5000  
 random number, roulette method*

Рассматривается применение генератора случайных чисел для определения мест повреждения в электрической сети, при расчете недоотпущенной мощности, зависящей от места повреждения, которое заранее нам неизвестно. Для преодоления этой неопределенности авторами предлагается метод «рулетки».

Актуальность исследования рисков в электроснабжении потребителей отмечалась в литературе неоднократно [1, 2]. Важность исследования рисков отмечена также в Федеральном законе «О техническом регулировании», который предписывает проектировать и сооружать технические объекты с учетом рисков.

Стремление обеспечить эффективную работу систем электроснабжения приводит к необходимости управлять рисками. А для того, чтобы управлять, необходимо уметь оценивать эти риски. В [3] авторами предложено в качестве показателя риска принимать размер ожидаемой средней аварийной недоотпущенной мощности за годовой промежуток времени (на одно повреждение). В соответствии с [3] количество повреждений за год в исследуемой конкретной электрической сети определяется расчетом на основе известной интенсивности повреждений (ретроспективным данным). Размер искомой недоотпущенной мощности зависит от места повреждения в конкретной электрической сети, которое заранее нам неизвестно. Для преодоления этой неопределенности авторами предлагается [3] метод «рулетки», за-

ключающийся в том, что место повреждения разыгрывается наугад с помощью генератора случайных чисел. Таким образом, реализуется случайный сценарий аварии. Число таких сценариев реализуется много (тысячи) раз с помощью ряда прогонов на современных вычислительных машинах. В результате исследователь получает набор экспертных данных, на основе которых могут быть оценены характеристики системы, в частности, уровень риска. В данной статье описывается реализация этого метода на компьютерной модели в программной среде MatLab. На рисунке 1 приведен соответствующий алгоритм. Работу алгоритма рассмотрим на конкретном примере.

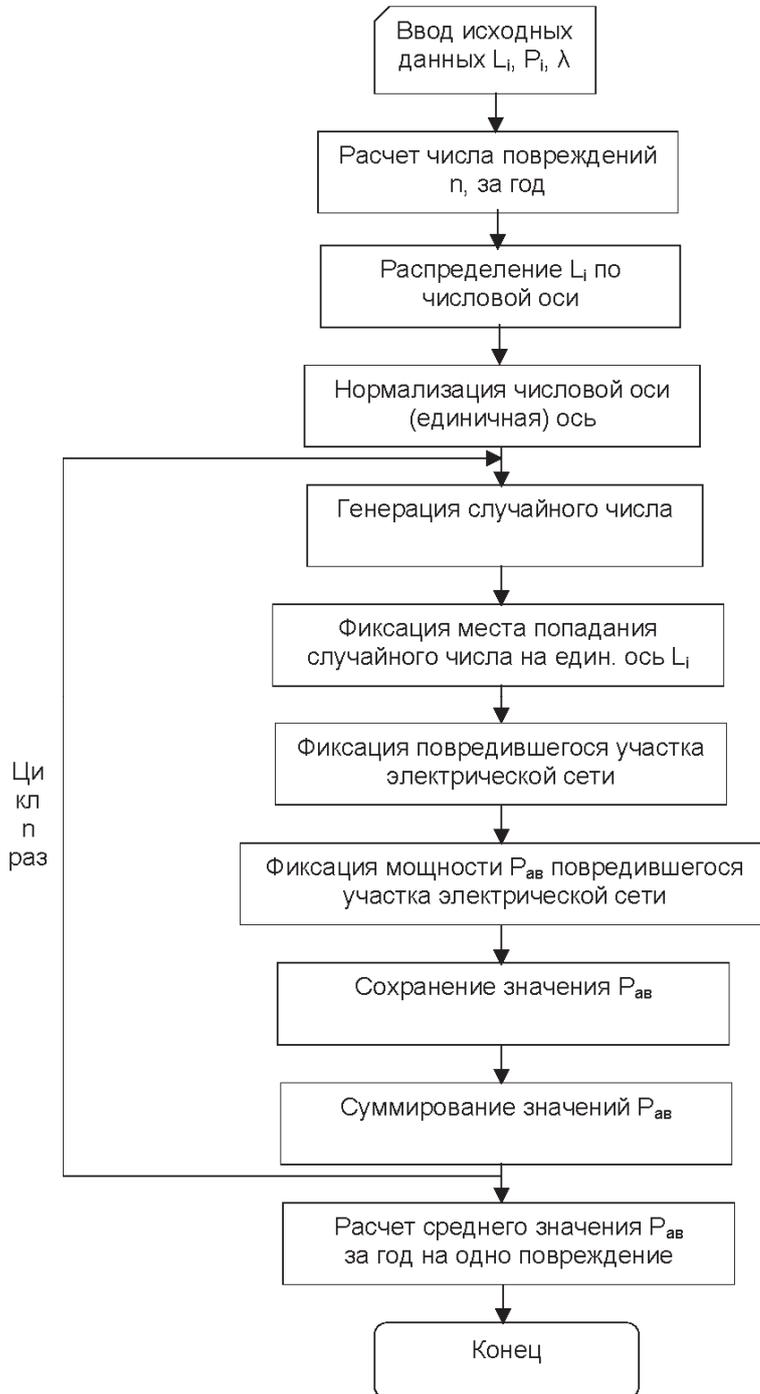


Рисунок 1 – Алгоритм расчета ожидаемого аварийного недоотпуска мощности методом «рулетки»

Пусть дана электрическая сеть по рисунку 2. Значения длин участков электрической сети и значения электрических мощностей на каждом участке указаны в подрисуночной подписи. Интенсивность повреждений принята по [4] равной  $\lambda = 0,52$  штук/год·км.

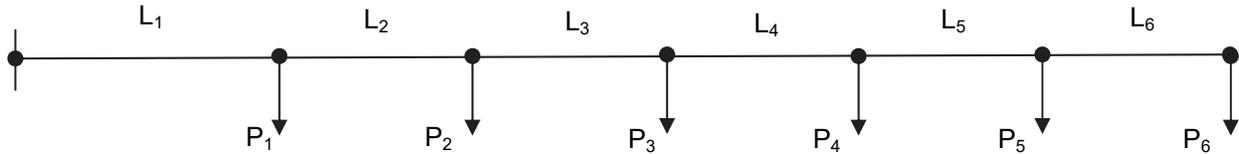


Рисунок 2 – Схема электрической сети

Длины участков  $L_1 \div L_6$  одинаковы по 1 км. Значения мощностей  $P_1 \div P_6$  одинаковы по 160 кВт.

Определяем число  $n$  повреждений за год в данной электрической сети

$$n = \lambda(L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) = 0,52(1+1+1+1+1+1) = 3,12 \approx 3 \text{ штуки.}$$

Далее распределяем длины участков на числовой оси по рисунку 3. Нормализуем эту числовую ось по рисунку 4.

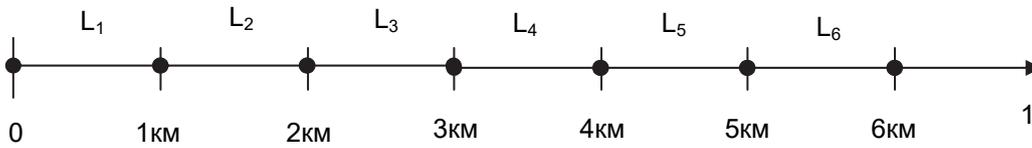


Рисунок 3 – Распределение длин участков электрической сети на числовой оси

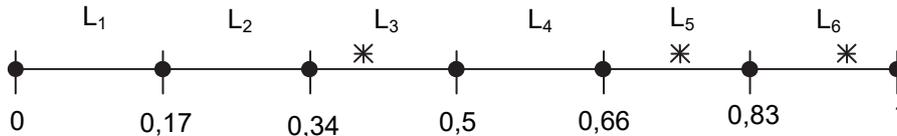


Рисунок 4 – Нормализованная числовая ось

Генерируем первое (с помощью программной среды MatLab) случайное число. Пусть это число равно 0,35. На нормализованной числовой оси (рисунок 4) это число попадает (обозначено «звездочкой») на участок линии  $L_3$ . В соответствии с рисунком 4 повреждение участка  $L_3$  приводит к недоотпуску мощности  $P_{ae1}$  в размере

$$P_{ae1} = P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 4 \cdot 160 = 640 \text{ кВт.}$$

Число генераций случайных чисел должно быть равно числу повреждений  $n$  в данной электрической сети, то есть числу 3 (подсчитано выше).

Генерируем второе случайное число. Пусть оно равно 0,9. На нормализованной числовой оси это число попадает на участок  $L_6$  с недоотпуском мощности

$$P_{ae2} = 160 \text{ кВт.}$$

Генерируем третье случайное число. Пусть оно равно 0,7. На нормализованной числовой оси это число попадает на участок  $L_5$  с недоотпуском мощности

$$P_{ae3} = P_5 + P_6 = 2 \cdot 160 = 320 \text{ кВт.}$$

Далее определяем среднее значение недоотпущенной мощности на одно повреждение

$$P_{ae} = (P_{ae1} + P_{ae2} + P_{ae3})/3 = (640 + 160 + 320)/3 = 373,3 \text{ кВт.}$$

Таким образом, при первой реализации алгоритма получено значение  $P_{ae} = 373,3$  кВт.

Данное число является показателем риска для исследуемой электрической сети при одиночной реализации сценария.

На этом иллюстрация метода «рулетки» заканчивается.

Ниже приводиться исходный код программы, реализующий приведенный выше (рисунок 1) алгоритм.

% расчет многократно среднего значения недоотпущенной мощности за год

```
function B=Q(SLU)
LEP=[0 0.172 0.27 0.323 0.418 0.533 0.614 0.64 0.74 0.823 0.889 0.94 1.0];
P=[2734 680 432 160 630 720 1196 480 862 693 508 250 0];
L=[0 0.172 0.27 0.323 0.418 0.533 0.614 0.64 0.74 0.823 0.889 0.94 1.0;
2734 680 432 160 630 720 1196 480 862 693 508 250 0];
LS=7.915;
LP=0.52;
AW=LS*LP;
AWO=round(AW);

for j=1:1000
    A=0;
    for i=1:AWO
        SLU=rand;
        F=LEP(LEP<SLU);
        LSL=SLU-F;
        [m,k]=min(LSL);
        n=k;
        r=P(k);
        A=A+P(k);
        % disp ([i,k,r])
    end

    [B(j)]=[A/AWO];

    %length (B);
    disp ([j,B(j)])
    % A=0;

    %plot(j,B(j),'*')
    %polar(j,B(j),'*')
end

%end
d=size(B)
B
j=1:1000
plot(j,B(j),'*')
%clear

%UNTITLED Summary of this function goes here
%Detailed explanation goes here
```

*Рисунок 5 – Листинг программы расчета, выполненный в программной среде MatLab.*

**Вывод.** Реализация метода «рулетки» для оценки риска в электроснабжении потребителей может быть осуществлена на компьютере с помощью, описанной в данной статье программы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мусин, А.Х. Риск-показатель качества электроснабжения / А.Х. Мусин // Изв. вузов: Проблемы энергетики. -2009. -№11-12.
- 2 Мусин, А.Х. Проблемные вопросы исследования рисков процесса электроснабжения потребителей / А.Х. Мусин, А.А. Зарубин // -Ползуновский вестник, -2013, -№4-2.
- 3 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.
- 4 Мусин, А.Х. Статистическая модель повреждаемости городских кабельных линий 10 кВ / А.Х. Мусин, В.К. Корхонен // -Промышленная энергетика. -1991. -№8.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** система электроснабжения, риск, модель, оценка риска, случайное число, метод «рулетки»

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Мусин Агзам Хамитович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»

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»

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНТРОПИЙНОГО ОПТОВОГО РЫНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного  
транспорта»

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»

**В.П. Горелов, В.К. Федоров, И.В. Федоров, П.В. Рысев, В.С. Горелов**

THE THEORETICAL BASIS OF THE ENTROPY OF THE WHOLESALE MARKET OF ELECTRIC ENERGY

Siberian state university of water transport

Omsk state technical university

V.P. Gorelov, V.K. Fedorov, I.V. Fedorov, P.V. Rysev, V.S. Gorelov

A hypothesis entropy of the wholesale electricity market as an alternative to the efficient market hypothesis. Evaluate the role of entropy in the structure of wholesale electricity markets that are locally random, but globally determined. It is shown that the evolution of wholesale electricity markets must obey the laws of deterministic chaos.

*Keywords: electricity market, entropy, deterministic chaos*

Изложена гипотеза энтропийного оптового рынка электроэнергии как альтернатива гипотезе эффективного рынка. Оценена роль энтропии в структуре оптовых рынков электроэнергии, которые локально случайны, но глобально детерминированы. Показано, что эволюция оптовых рынков электроэнергии должна подчиняться законам детерминированного хаоса.

Вопреки принятой теории оптовые рынки электроэнергии не достаточно хорошо описываются моделью случайных блужданий, а широко представленная в современной рыночной экономике гипотеза эффективного рынка (ГЭР) не подтверждается эмпирическими данными. Если ГЭР имеет недостатки, то как можно ее исправить? В сущности, скорее, речь идет о жизнеспособной замене ГЭР на гипотезу детерминированного хаоса. Как энтропийные модели оптового рынка электроэнергии (ОРЭЭ) совместно с теорией детерминированного хаоса сочетаются с торговыми стратегиями и дихотомией технического и фундаментального анализов, может ли традиционная ГЭР трансформироваться в гипотезу хаотического ОРЭЭ?

Одна из неудач традиционной ГЭР заключается в ее попытке упростить оптовый рынок до среднего типичного рационального инвестора. В традиции западной науки отцы-основатели ГЭР попытались узнать нечто о целом, разделив проблему на ее основные составляющие. Попытка оказалась более или менее успешной. Благодаря глубоким и дальновидным работам Markowitz'a, Sharpe'a, Fam'a и других были достигнуты определенные успехи за прошедшие 50 лет. Однако редуccionистский подход имеет свои пределы, и они достигнуты. Пришло время более целостно взглянуть на работу ОРЭЭ. В частности, пришло время признать большую разнородность, лежащую в основе ОРЭЭ. Участие инвесторов не обусловлено одной и той же причиной, при этом инвесторы не используют свои стратегии на одних и тех же инвестиционных горизонтах. Устойчивость (стабильность) ОРЭЭ неизбежно связана с разнородностью инвесторов. Зрелый рынок разнороден. Но редуccionистский подход не может справиться с такой разнородностью без сложных многоэлементных моделей. Эти модели, характеризующиеся многочисленными ограничивающими предположениями и требованиями, неизбежно терпят неудачу. Они настолько сложны, что испытывают недостаток гибкости, а гибкость является решающим фактором для любого ОРЭЭ [1].

*1 Гипотеза детерминированного хаоса для оптового рынка электроэнергии как альтернатива гипотезе эффективного рынка.* Теория хаоса предлагает такую модель ОРЭЭ, которая может объяснить указанные особенности. Чтобы остаться устойчивыми, ОРЭЭ должны быть далеки от равновесия, а это является причиной динамического развития ОРЭЭ. Случайные события должны непременно происходить, чтобы стимулировать развитие ОРЭЭ, поэтому будут появляться тренды подъема и спада. Некоторые из них будут нелинейными, стохастическими; некоторые будут нелинейными детерминированными. В обоих случаях структура трендов изменяется во времени. Но она никогда не будет совершенно предсказуемой, и именно это сохраняет ОРЭЭ устойчивыми. Теория детерминированного хаоса предлагает новый способ понимания того, как функционируют ОРЭЭ, и тогда мы будем более приспособлены к разработке стратегий и оценке рисков.

Гипотеза детерминированного хаоса ОРЭЭ является первой попыткой разобраться в глобальной структуре ОРЭЭ. Со временем эта гипотеза будет, несомненно, видоизменяться

и усовершенствоваться, если она выдержит тщательную проверку инвестиционного сообщества.

Энтропийный анализ ОРЭЭ использует самоподобные распределения вероятностей, называемые устойчивыми структурами, и в сочетании с гипотезой детерминированного хаоса ОРЭЭ позволит предсказать более достоверно краткосрочное среднесрочное и долгосрочное поведение ОРЭЭ. Мы убеждены, что ОРЭЭ имеют структуру детерминированного хаоса, не исключая, при этом гипотезу фрактальной структуры ОРЭЭ, и на определенных условиях гипотеза детерминированного хаоса ОРЭЭ и гипотеза фрактального ОРЭЭ могут объединиться.

Стабильность ОРЭЭ в значительной степени является вопросом ликвидности. Ликвидность доступна, когда ОРЭЭ состоит из инвесторов с различными инвестиционными горизонтами. Наиболее фундаментальные инвесторы имеют длинные инвестиционные горизонты. Они больше склонны иметь дело с экономическим циклом. Каждый инвестиционный горизонт похож на ветви дерева. Диаметр любой ветви -случайная функция с конечной дисперсией. Однако каждая ветвь, взятая в контексте всего дерева, является частью глобальной структуры с неизвестной дисперсией, потому что размерность каждой ветви различна. Глобальная энтропийная структура ОРЭЭ имеет бесконечную дисперсию, долгосрочная дисперсия не стремится к устойчивому значению.

*2 Инфраструктура оптового рынка электроэнергии в условиях глобальной неопределенности.* Технологические особенности большей части существующего генерирующего оборудования требуют заблаговременного планирования режимов работы, так как его невозможно ввести в действие единовременно. Следовательно, в конкурентном оптовом рынке электроэнергии должен наличествовать элемент, позволяющий заблаговременно планировать режимы работы генерирующего, сетевого и нагрузочного оборудования, принадлежащего отдельным производителям и потребителям электрической энергии. Поскольку речь идет об оптовом рынке, то эти режимы должны быть коммерчески обоснованы посредством соответствующих торговых сделок.

В этом разделе используются результаты исследований, изложенные в монографиях [1, 6, 7] и статьях авторов [2-5].

*2.1 Рынок «на сутки вперед».* Основной способ торговли электроэнергией, основанный на централизованном планировании режимов (иногда называемый «пулом», спот-рынком, рынком «на сутки вперед»), в котором, как правило, режимы и цены определяются на основе результатов аукциона ценовых заявок поставщиков и покупателей электроэнергии. Генерирующие компании могут заключать двухсторонние договоры и участвовать в централизованном планировании режимов, подавая ценовые заявки.

Двухсторонние договоры могут заключаться на различные промежутки времени -от часа до нескольких лет. Централизованное планирование режимов, как правило, осуществляется не менее чем за сутки до реального времени производства и потребления, что соответствует электротехнологическим возможностям (времени пуска) большинства генерирующих установок. Такой элемент общего устройства конкурентного рынка электроэнергии обычно носит название рынка «на сутки вперед».

Планирование режимов работы производителей энергии «на сутки вперед» - необходимый элемент управления системой, но его недостаточно для того, чтобы обеспечить ее надежную работу в реальном времени. Дело в том, что по существу стохастический спрос потребителей на электроэнергию подвержен колебаниям под воздействием ряда факторов, предсказать которые даже за сутки вперед чрезвычайно трудно. В то же время и производство в самих генерирующих компаниях подвержено изменениям по отношению к плану, например вследствие поломок и аварий, предсказать которые заранее невозможно. Из этого можно сделать следующий фундаментальный вывод: помимо заблаговременного планирования режимов на основе двухсторонних договоров, централизованного рынка «на сутки вперед» необходимо:

- иметь механизм, позволяющий управлять производством электроэнергии, а возможно и потреблением, в режиме реального времени;
- иметь резервы генерирующих мощностей.

В режиме реального времени решения необходимо принимать быстро, так как времени договариваться попросту нет. Поэтому управление системой неизбежно должно быть централизованным и осуществляться субъектами оперативно-диспетчерского управления.

Рынок «на сутки вперед» организован в форме аукциона ценовых заявок. Цель аукцио-

на -установление цен и объемов покупки-продажи электрической энергии так, чтобы достичь максимальной взаимной выгоды поставщиков и покупателей от торговли.

**2.2 Балансирующий рынок.** Технологические особенности большей части существующего генерирующего оборудования требуют заблаговременного планирования режимов работы, так как его невозможно ввести в действие единомоментно. Следовательно, в конкурентном рынке электроэнергии должен наличествовать элемент, позволяющий заблаговременно планировать режимы работы генерирующего оборудования, принадлежащего отдельным производителям энергии. Поскольку речь идет о рынке, то эти режимы должны быть коммерчески обоснованы посредством соответствующих торговых сделок.

Механизмы поддержания баланса производства и потребления электроэнергии в реальном времени при конкурентном устройстве рынка обычно носят название балансирующего рынка. Балансирующий рынок -это покупка (продажа) участниками оптового рынка объемов отклонений, определяемых как разница фактических объемов производства/потребления электроэнергии и планового почасового производства/потребления. Основной целью введения балансирующего рынка является минимизация стоимости надежного обеспечения прогнозируемого потребления в режиме, близком к реальному времени, на основе конкурентного отбора ценовых заявок продавцов электроэнергии и потребителей с регулируемой нагрузкой (они могут изменять свое потребление в соответствии с командами субъектов оперативно-диспетчерского управления).

В результате конкурентного отбора ценовых заявок продавцов и покупателей «балансирующей» электроэнергии (методология отбора аналогична аукциону «на сутки вперед») определяются:

- почасовые плановые объемы производства и почасовые плановые объемы увеличения/снижения производства по «внешней инициативе»;

- прогнозируемое почасовое потребление, по отношению к которому и рассчитываются объемы отклонений (или «балансируют» указанные выше объемы). Прогнозируемое почасовое потребление составляют плановое почасовое потребление и плановые объемы увеличения/снижения потребления по «собственной инициативе». Прогнозные величины отклонений по «собственной инициативе» готовятся на основе прогнозов погоды, а также с учетом других возможных изменений условий деятельности участников оптового рынка;

- равновесные цены на электроэнергию на балансирующем рынке.

Фактически результатом аукциона ценовых заявок на балансирующем рынке являются равновесная цена на электроэнергию, на объемы производства электроэнергии по «внешней инициативе», балансирующие прогнозируемые изменения объемов потребления по сравнению с запланированными на рынке «на сутки вперед». Поскольку в электроэнергетике фактические объемы производства/потребления электроэнергии очень часто отличаются от запланированных, внутри часа субъект оперативно-диспетчерского управления при ведении режимов может давать команды, чтобы отрегулировать ситуации, не учтенные в плановом режиме.

Объем отклонения производства/потребления от соответствующих объемов, запланированных на рынке «на сутки вперед», по «собственной инициативе», рассчитывается в каждый час как разность фактического объема производства/потребления отдельного участника и отклонения производства/потребления данного участника по «внешней инициативе».

Научные материалы, изложенные в статье, были представлены в докладе на секции «Тарифное регулирование в России. Изменение правил продажи и покупки электроэнергии» на Ялтинской энергетической конференции «Новая энергия -взгляд в будущее» 21-23 сентября 2016 года, республика Крым.

**Выводы:**

- Технологические особенности большей части существующего генерирующего оборудования требуют заблаговременного планирования резервов мощности и режимов работы, так как резервы невозможно ввести в действие единомоментно.

- В конкурентном оптовом рынке электроэнергии должен наличествовать теоретический аспект, позволяющий заблаговременно планировать режимы работы генерирующего оборудования, принадлежащего отдельным производителям энергии. Поскольку речь идет о рынке, то эти режимы должны быть коммерчески обоснованы посредством соответствующих торговых сделок.

- Способ торговли на оптовом рынке основан на централизованном планировании режимов, в котором, как правило, режимы и цены определяются на основе результатов аук-

ЦИОНА ЦЕНОВЫХ ЗАЯВОК ПОСТАВЩИКОВ И ПОКУПАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Петерс, Э. Фрактальный анализ финансовых рынков / Э. Петерс. -М.: Интернет-трейдинг, 2004. -292 с.
- 2 Федоров, И.В. Энтропийная модель долгосрочного развития электроэнергетических систем, призванная обеспечить согласование технической и экономической политики в сфере электроэнергетики / И.В. Федоров, В.К. Федоров // Энергетика и энергосбережение: межвуз. тематический сб. науч. тр. -Омск: Ом. гос. техн. ун-т, 2011. -С. 274-285.
- 3 Федоров, И.В. Промышленная политика: проблемы выравнивания промышленного потенциала регионов РФ / И.В. Федоров // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. -2009. -№2(21). -С. 36-38.
- 4 Федоров, И.В. Противоречия промышленной политики в области экономического роста/ И.В. Федоров // -Экономические науки. -2008. -№12(49). -С. 22-25.
- 5 Федоров, И.В. Энтропийная модель взаимосвязи электроэнергетики и экономики / И.В. Федоров, А.В. Бубнов, Л.Г. Полинцев // -Омский научный вестник. -2013. -№2(120). -С. 168-178.
- 6 Экономика и управление в современной электроэнергетике России / Под ред. А.Б. Чубайса. -М.: НП Конц ЕЭС, 2009. - 615 с.
- 7 Федоров, В.К. Проблемы теории нелинейных диссипативных систем: детерминированный хаос и стохастическая динамика / В.К. Федоров, П.В. Рысев. -Омск: Полиграфический центр Кан, 2008. -251 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** рынок электроэнергии, энтропия, детерминированный хаос  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Федоров Владимир Кузьмич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
Федоров Игорь Владимирович, канд. техн. наук, старший преподаватель ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
Рысев Павел Валерьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
Горелов Валерий Сергеевич, студент ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
644050, г.Омск, пр.Мира, 11, ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»

## **ВИБРАЦИОННЫЙ АСПЕКТ ГАРМОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
Нижевартовский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»  
ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»  
БУ ВО «Сургутский государственный университет»

**В.Г. Сальников, С.М. Спирев, М.Н. Иванов, Ю.Н. Смыков, Е.Ю. Кислицин, А.А. Шемшурин, Д.Д. Казанцев, Н.А. Ковалева, В.В. Рыжаков**

### **VIBRATION ASPECT HARMONIC INFLUENCE ON THE ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER**

Siberian state university of water transport  
Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university  
Nizhnevartovsk State University  
Surgut State University  
V.G. Sal'nikov, S.M. Spirev, M.N. Ivanov, Yu.N. Smykov, E.Yu. Kislicin, A.A. Shemshurin, D.D. Kazantsev, N.A. Kovaleva, V.V. Ryzhakov

The results of theoretical studies of the effect of higher harmonic components of the voltage electromechanical transducers causing their vibration. The magnetic field of the induction motor, rotating and braking points . Formulated conclusions.

*Keywords: electromagnetic compatibility, protective relay, microprocessor devices, electromagnetic environment*

Приведены результаты теоретических исследований влияния высших гармонических составляющих питающего напряжения электромеханических преобразователей, вызывающего их вибрацию. Рассмотрены магнитное поле асинхронного двигателя, вращающие и тормозящие моменты. Сформулированы выводы.

В электрических сетях 0,4 кВ систем электроснабжения объектов мс нелинейными электрическими нагрузками наблюдаются значительные искажения форм кривых напряжений. Коэффициенты искажения синусоидальности кривых фазных напряжений в этих системах достигают 10-15% и превышают требования ГОСТ 32144-2013. Причём спектр высших гармонических составляющих напряжения представлен в основном 5, 7, 11 и 13 гармониками. Такой режим работы систем электроснабжения обостряет проблему электромагнитной совместимости технических средств.

Известно, что основными видами воздействий высших гармоник на системы электроснабжения общего назначения являются [1]:

– увеличение токов или напряжений отдельных гармоник вследствие появления в электросети

трической сети параллельного и последовательного резонансов;

- появления дополнительных потерь мощности и энергии в электрических сетях, трансформаторах, электрических машинах;
- изменение режимов работы электрических машин;
- ускорение старения изоляции электрооборудования, кабельных линий и сокращения вследствие этого срока их службы;
- увеличение токов замыкания фазы на землю в сетях 6-10 кВ;
- ухудшения качества работы систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи.

К этому же следует добавить, что в автономных электроэнергетических системах с ограниченными мощностями трёхфазных коротких замыканий наблюдается ещё и вибрация рабочих механизмов при некоторых режимах работы электромеханических преобразователей.

В рамках одной статьи не представляется возможным проанализировать все виды воздействия гармоник на технические средства. Поэтому ограничиваемся рассмотрением проблемы вибрации электромеханических преобразователей. В качестве объекта исследования выбран наиболее распространённый электромеханический преобразователь – асинхронный электродвигатель.

Конкретными задачами данной статьи являются выявление вибрационного аспекта при анализе магнитного поля двигателя, потерь мощности, магнитных потерь в стали, вращающих и тормозящих моментов.

Магнитное поле. Каждая гармоника напряжения создаёт в электродвигателе магнитное поле, вращающееся с частотой [2]

$$n_{1k} = \frac{60f_k}{p} = \left( \frac{60f_1}{p} \right) k = kn_1; \quad (1)$$

$$f_k = kf_1,$$

где  $n_1$  – синхронная угловая скорость двигателя, обусловленная основной (первой) гармоникой;

$k$  – номер гармоники;

$p$  – число пар полюсов;

$f_1$  –  $f_1 = 50$  Гц.

Исключение составляют третья гармоника и другие гармоники, кратные трём, которые создают пульсирующее поле.

Направление вращения магнитного поля, созданного высшей гармоникой тока, зависит от номера этой гармоники. Пятая и одиннадцатая гармоники магнитного потока будут вращаться в сторону, противоположную направлению вращения основного магнитного поля (поля первой гармоники). Седьмая и тринадцатая гармоника магнитного поля вращаются согласно с основным магнитным полем [1].

Потери мощности. При работе асинхронного двигателя в условиях несинусоидального напряжения возникают добавочные потери, обусловленные высшими гармониками тока в цепях статора и ротора. Эти добавочные потери, можно определить по формуле [2]

$$\Delta P_{Ад,к} = \Delta P_{М,Н} \sum_{i=2}^k K_{\partial,к} \approx 0,2 \Delta P_{ном} \sum_{i=2}^k K_{\partial,к}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{М,Н}$  – номинальные потери мощности в меди статора, Вт;

$\Delta P_{ном}$  – суммарные номинальные потери электродвигателя, Вт;

$K_{\partial,к}$  – коэффициент учитывающий возрастание потерь в меди за счёт  $k$ -ой гармоники;

$k$  – номер последней учитываемой гармоники.

График функций  $K_{\partial,к} = f(k)$  представлен на рисунке 1. По оси ординат отложены средние значения  $K_{\partial,к}$ , для случаев, когда  $k$ -ая гармоника тока образует систему прямой или обратной последовательностей. При построении кривой было принято, что кратность пускового тока асинхронного двигателя составляет 5,5.

Расчёт добавочных потерь по формуле (2) от действия на электродвигатель 5, 7, 11 и 13 гармоник показал, что  $\Delta P_{Ад,к} \approx 0,04 \Delta P_{ном}$ . Величина этих потерь не может изменить тепловой режим работы асинхронного электродвигателя.

Магнитные потери в стали от высших гармоник. Обычно магнитные потери невелики, так как амплитуды высших гармоник магнитного поля малы. Поскольку для высших гармоник электрическая машина находится в режиме короткого замыкания, приближённо можно принять, что ЭДС статора  $E_k \approx 0,5U_k$  [2]. Тогда, относительное значение магнитного потока  $k$ -й гармоники  $\Phi_{km}$  по сравнению с магнитным потоком основной гармоники  $\Phi_{1m}$ , составит

$$\frac{\Phi_{km}}{\Phi_{1m}} \approx \frac{E_k f_1}{U_1 f_k} \approx 0,5 \left( \frac{U_k}{U_1} \right) \left( \frac{f_1}{f_k} \right). \quad (3)$$

В первом приближении магнитные потери в стали можно оценить соотношением [2]

$$\frac{\Delta P_{m,k}}{\Delta P_{m1}} = \frac{0,25}{k^2 \sqrt{k}}; \quad (4)$$

где  $P_{m1}, P_{m,k}$  – соответственно магнитные потери в стали, обусловленные 1-ой и  $k$ -ой гармониками магнитного потока, Вт.

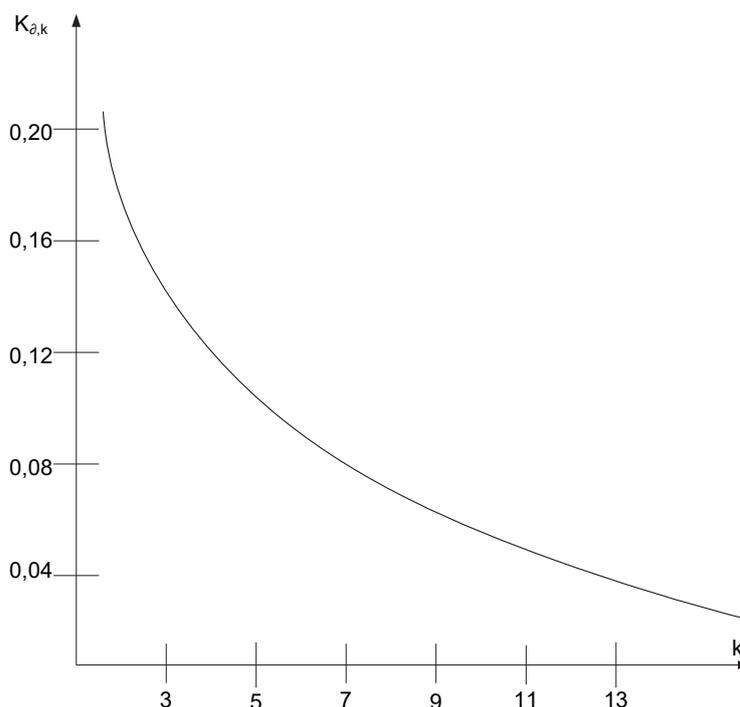


Рисунок 1 – График функции  $K_{\Delta,k} = f(k)$

Расчёты добавочных потерь в цепях статора и ротора по формуле 2 и магнитных потерь в стали электродвигателя по формуле 4 показывают, что эти потери не велики даже при значительных искажениях формы кривой напряжения в питающей сети 0,4-10 кВ, когда коэффициент искажения составляет 10-15%. Например, магнитные потери стали от пятой гармоники составляют от 0,5% потерь от основной гармоники, от седьмой гармоники – 0,19%, от одиннадцатой – 0,09% и от тринадцатой – 0,002%. Эти потери способствуют повышению температуры изоляции электродвигателей.

Вращающие и тормозящие моменты высших гармоник. Эти электромагнитные моменты по своей природе аналогичны основному электромагнитному моменту и отличаются от последнего лишь тем, что они связаны с взаимодействием высших гармоник магнитного поля статора с токами, индуцированными ими в обмотках ротора. Их также называют добавочными асинхронными моментами от высших гармонических составляющих [1, 2].

Вращающий электромагнитный момент асинхронного двигателя от действия первой гармоники можно определить по формуле [2], если пренебречь активным сопротивлением статора

$$M_1 = \frac{2M_{k1}}{\frac{S_1}{S_{k1}} + \frac{S_{k1}}{S_1}}, \quad (5)$$

где  $M_{k1}$  – критический момент в двигателе от действия первой гармоники, Н·м;  
 $S_{k1}$  – критическое скольжение, вызванное действием первой гармоники;  
 $S_1$  – скольжение двигателя при  $M_1$ .

Величину скольжения двигателя от действия первой гармоники магнитного поля можно определить по формуле [1, 2]

$$S_1 = \frac{n_1 - n}{n_1}; \quad (6)$$

где  $n_1, n$  – соответственно синхронная угловая скорость и действительная угловая скорость двигателя, рад/с.

Скольжение для высших гармоник можно рассчитать по формуле [2]

$$S_k = \frac{n_k \pm n}{n_k} = \frac{kn_1 \pm n_1(1 - S_1)}{kn_1} = \frac{k \pm (1 - S_1)}{k}. \quad (7)$$

Поскольку при номинальном режиме работы двигателя скольжение для первой гармоники невелико ( $S_1 = 0,2-0,05$ ), то допускается определять  $S_k$  по формуле

$$S_k \approx \frac{k \pm 1}{k} = 1 \pm \left(\frac{1}{k}\right). \quad (8)$$

Очевидно, что знак (+) в формуле (8) соответствует отрицательному направлению магнитного поля высшей гармоники (гармоники обратной последовательности). Знак (–) соответствует согласованному с первой гармоникой направлению вращения магнитного поля (гармоники прямой последовательности).

Электромагнитный момент (Н·м) от действия высшей гармоники можно приближённо оценить, если принять  $S_k \approx 1$ , по формуле [2]

$$M_k \approx \frac{M_n}{k^4}, \quad (9)$$

где  $M_n$  – пусковой момент от основной гармоники магнитного поля, Н·м.

Реальный спектр высших гармонических составляющих напряжения в электрических сетях 0,4 кВ обуславливается в основном работой по схеме Ларионова мощных трёхфазных выпрямителей, которые генерируют канонический ряд высших гармоник: 5, 7, 11, 13 и т.д. В связи с этим 5-ая и 7-ая гармоники магнитного поля создают наиболее значимые электромагнитные моменты [2, 3]. Поэтому ограничимся анализом влияния на режим работы асинхронного двигателя только этих гармоник.

Седьмая гармоника вращается в том же направлении, что и основная со скоростью

$$n_7 = 7n_1. \quad (10)$$

Пятая в обратном направлении со скоростью

$$n_5 = -5n_1. \quad (11)$$

При неподвижном роторе седьмая гармоника образует момент  $M_7 > 0$ , действующий согласно с основным (рисунок 2). По мере увеличения угловой скорости ротора скольжение по отношению к ротору уменьшается

$$S_7 = \frac{n_7 - n}{n_7}, \quad (12)$$

и при  $n = n_7$ , когда  $S_7 = 6/7$ , обращается в нуль. При этом 7-ая гармоника не перемещается относительно ротора, токи в нём не индуцируются и  $M_7 = 0$ . При дальнейшем увеличении угловой скорости ротора  $n > n_7$  (скольжение  $S_7 < 0$ ) по отношению к седьмой гармонике наступает генераторный режим и момент изменяет своё направление на противоположное, то есть  $M_7 < 0$ .

Зависимость момента  $M_5$  от угловой скорости ротора имеет тот же характер. Однако, теперь скольжение

$$S_5 = \frac{n_5 - n}{n_5}, \quad (13)$$

обращается в нуль при угловой скорости ротора  $n = -n_5$ , то есть в области тормозного режима для основной гармоники, когда  $S_5 = 6/5 > 1$  (рисунок 2).

Таким образом, гармонические составляющие магнитного поля статора образуют асин-

хронные моменты, и результирующий асинхронный электромагнитный момент находится в виде суммы

$$M = M_1 + M_5 + M_7 . \quad (14)$$

График функции  $M_1 = f(S_1)$  приведён на рисунке 2а; соответственно  $M_7 = f(S_7)$  – на рисунке 2б;  $M_5 = f(S_5)$  – на рисунке 2в. Полная графическая интерпретация формулы (14) приведена на рисунке 2а.

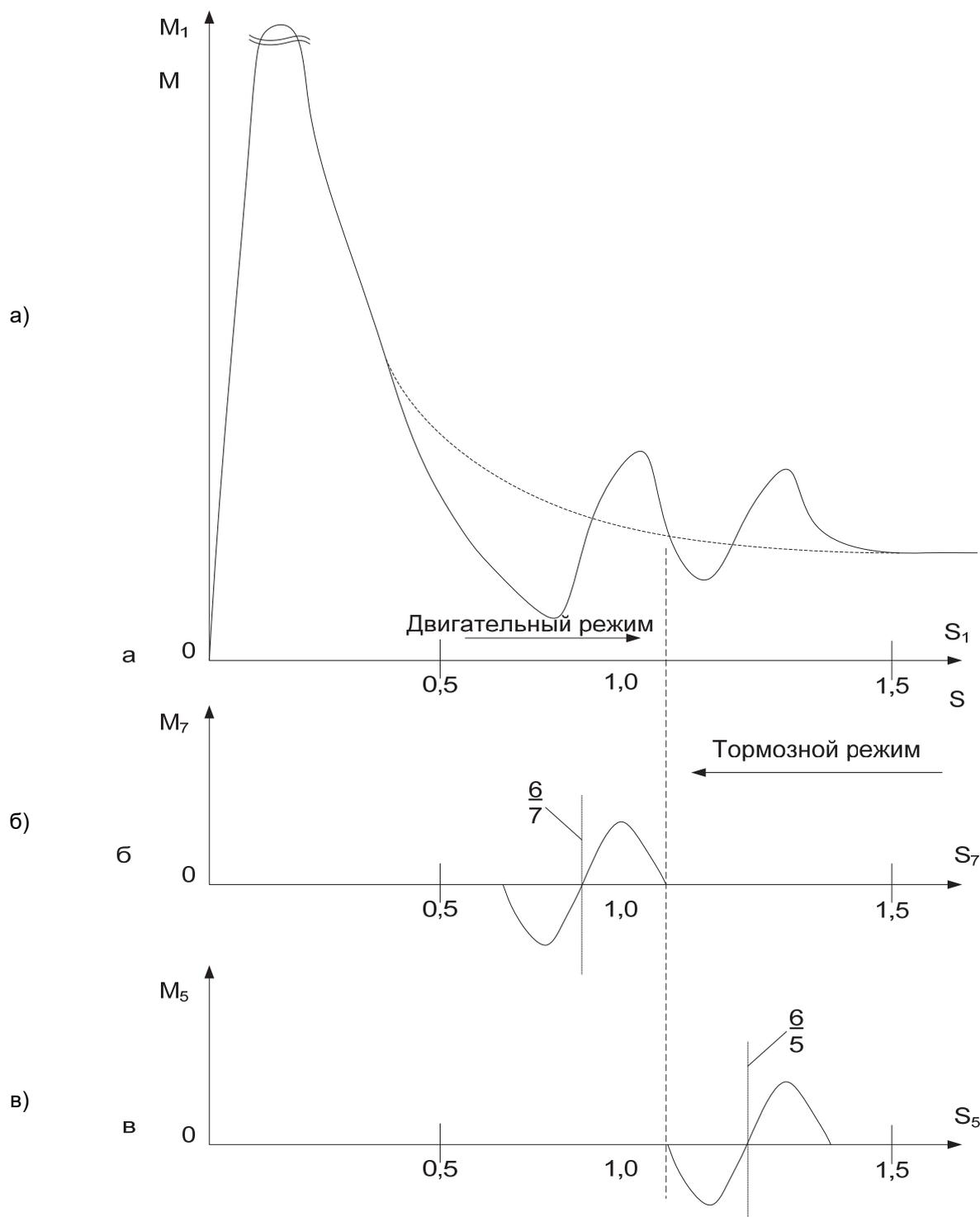


Рисунок 2 – Вращающие и тормозящие моменты от высших гармоник

Видно, что асинхронные электромагнитные моменты от высших гармоник искажают кривую основного электромагнитного момента. Наибольшие искажения наблюдаются в зоне

малых скоростей вращения, где добавочные асинхронные моменты, связанные с высшими гармониками, максимальны. Провалы в кривой результирующего момента изменить режим работы электродвигателя.

Колебательные моменты. В результате взаимодействия токов одних частот с магнитными потоками других частот возникают знакопеременные моменты, частота которых значительно выше основной частоты, а среднее значение равно нулю. Общее количество колебательных моментов очень велико, так как взаимодействие возникает между всеми гармониками [2].

Однако на практике достаточно бывает рассмотреть две пары моментов: моменты от 5-ой и 7-ой гармоник от 11-ой и 13-ой гармоник. Например, 5-ая гармоника магнитодвижущих сил имеет отрицательное направление, следовательно, синхронная угловая скорость её относительно такой же скорости магнитодвижущей силы первой гармоники составляет

Для седьмой гармоники оба направления вращения совпадают

Таким образом, колебательные моменты, создаваемые парой соседних гармоник тока ротора с первой гармоникой магнитного потока имеют одну и ту же скорость (в данном случае  $6n_1$ ), но противоположны по знаку.

Амплитудное значение колебательных моментов соответствующих пар можно определить по формуле [2].

Значение амплитуд колебательных моментов, изменяющихся с частотой [2, 3]:

–  $6n_1$  (от пятой и седьмой гармоник), составляет 11-19% от  $M_{ном}$ ;

–  $12n_1$  (от одиннадцатой и тринадцатой гармоник) около 1-2% от  $M_{ном}$ .

Амплитуды колебательных моментов не зависят от величины нагрузки на валу асинхронного электродвигателя, в то же время основной электромагнитный момент определяется статическим моментом на валу. Поэтому при небольшой нагрузке в режиме, близком к холостому ходу, амплитуда одного из колебательных моментов может превзойти величину основного электромагнитного момента двигателя. Это явление может вызвать неравномерность вращения ротора, особенно заметное при малых частотах вращения. Возникает вибрация электропривода.

**Выводы:**

– Добавочные потери мощности от действия 5, 7, 11 и 13-ой гармоник напряжения в системах электроснабжения общего назначения 35, 110 и 220 кВ ЭУБ на асинхронные двигатели не превышают 4% от суммарных номинальных потерь электродвигателей. Магнитные потери в стали асинхронных двигателей от действия 5-ой гармоники магнитного потока составляет 0,5% от потерь основной гармоники, 7-ой – около 0,19%, 11-ой – 0,09%, 13-ой – 0,002%. Эти потери оказывают влияние на тепловой режим электродвигателя;

– Колебательные моменты, которые обусловлены взаимодействием токов частот с магнитными потоками других частот, но зависят от величины нагрузки на валу асинхронного двигателя. Амплитуда колебательного момента от взаимодействия 5-ой и 7-ой гармоник составляет 11-19% от номинального электромагнитного момента, от взаимодействия 11-ой и 13-ой составляет 1-2%. Поэтому при небольшой нагрузке на валу в режиме, близком к холостому ходу, амплитуда колебательного момента может превысить величину основного электромагнитного момента двигателя. Это может вызвать вибрацию электродвигателей.

– Эти вибрации наиболее заметны в автономных электроэнергетических системах, имеющих низкоинтегральные показатели электрических сетей (мощности трёхфазных коротких замыканий). Например, в судовых электроэнергетических системах при неосновных ходовых режимах наблюдается вибрация при отключении асинхронных электродвигателей мощностью до 3 кВт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов, М.Н. Повышение качества функционирования линий электропередачи / М.Н. Иванов, Ю.М. Денчик, Г.А. Данилов, Г.В. Ситников // Под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.
- 2 Брускин, Д.Э. Электрические машины: уч. для вузов. -Ч. 1./ Д.Э. Брускин. -М.: Высшая школа, 1979. -228 с.
- 3 Иванова, Е.В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е.В. Иванова // Под ред. В.П. Горелова, Н.Н. Лизалека. -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2006. -472 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *электромагнитная совместимость, релейная защита, микропроцессорные устройства, электромагнитная обстановка*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спирев Сергей Михайлович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванов Михаил Николаевич, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Смыков Юрий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

Кислицин Евгений Юрьевич, канд. техн. наук, доцент Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
 Шемшурин Анатолий Алексеевич, доцент Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
 Казанцев Даниил Дмитриевич, преподаватель ФГБОУ ВО НВГУ  
 Ковалева Наталья Александровна, преподаватель Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
 Рыжакوف Виталий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент БУ ВО «СурГУ»  
 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
 628602, г.Нижневартовск, ул.Ленина, 56, ФГБОУ ВО НВГУ  
 628012, г.Ханты-Мансийск, ул.Ленина, 54/1, БУ ВО «СурГУ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОТКАЗОВ ТАНТАЛОВЫХ ЧИП-КОНДЕНСАТОРОВ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Горелов, Е.С. Игнатенко, К.Н. Морев, В.И. Никулин

### PREVENTION OF FAILURE TANTALUM CHIP CAPACITORS AT THE PRODUCTION STAGE

Siberian state university of water transport  
 S.V. Gorelov, E.S. Ignatenko, K.N. Morev, V.I. Nikulin

The main steps of the production of tantalum chip capacitors, examines the causes of failures of capacitors and methods of their elimination.

Keywords: surface mounted device, capacitor chip, tantalum, breakdown of the capacitor, mechanical defect, electrolyte, dielectric

Приведены основные этапы производства танталовых чип-конденсаторов, рассмотрены причины отказов конденсаторов и методы их устранения.

В настоящее время увеличиваются тенденции к миниатюризации и усложнению практически всех электронных устройств. Применение SMD деталей позволяет значительно уменьшить габариты и вес конструкции, по сравнению к собранной на корпусных элементах. SMD или Surface Mounted Device в переводе с английского – устройства поверхностного монтажа; вид радиокомпонентов, которые впаиваются со стороны дорожек и контактных площадок сразу на плату. Благодаря своей компактности, появилась возможность создавать сложные электронные устройства малых размеров.

Требование высоких рабочих частот и малых габаритов приводят к расширению применения твердотельных танталовых чип-конденсаторов. Твердотельные танталовые чип-конденсаторы обладают отличными характеристиками: высокой удельной емкостью, малыми габаритами [1]. Значение ESR (последовательное эквивалентное сопротивление) таких конденсаторов остается неизменным с ростом частоты или даже уменьшается, а значение импеданса на частотах 100 кГц и выше достигает минимального значения. Кроме того, они отличаются высокой надежностью и совместимы со всеми общепринятыми технологиями монтажа. Также можно отметить уникальность таких элементов, как суперконденсаторы или ионисторы. В числе которых есть такие преимущества, как высокая ёмкость, малый удельный вес и длительный срок службы [2].

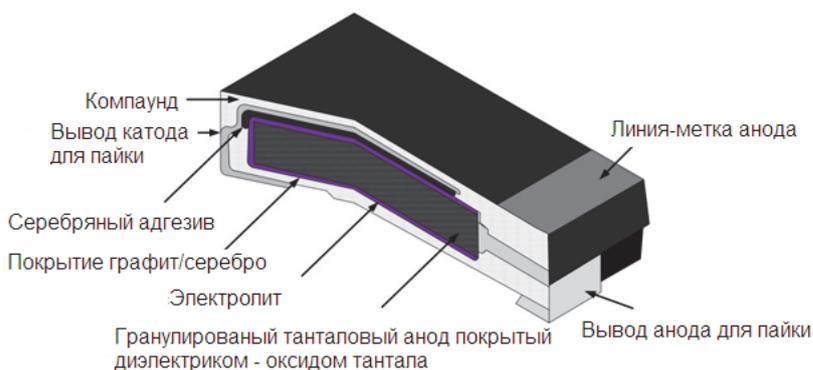


Рисунок 1 – Конструкция твердотельного танталового чип-конденсатора

Тантал выбран в качестве основного материала для конденсаторов не случайно. Дело в том, что существует всего несколько металлов, которые при окислении способны создавать плотные и непроводящие оксидные плёнки: титан, цирконий, ниобий, тантал, алюминий и

некоторые другие. Однако, среди перечисленных металлов, только при использовании алюминия и тантала удаётся технологически контролировать толщину оксидной плёнки.

Твердотельные танталовые чип-конденсаторы являются электролитическими конденсаторами, которые состоят из четырёх основных частей: анода, диэлектрика, электролита (жидкого или твёрдого) и катода. Конструктивное исполнение чип-конденсатора представлено на рисунке 1.

Производство конденсаторов представляет собой сложную цепочку технологических операций [3]:

**Создание анода.** В твердотельных танталовых конденсаторах анод представляет собой пористую гранулированную структуру, похожую на губку (рисунок 1), изготовленную из пресованного танталового порошка высокой степени очистки. Эта губку получают в процессе спекания в условиях глубокого вакуума при высоких температурах, которые, как правило, лежат в диапазоне от 1300 до 2000 °С. Очевидно, что такая структура имеет высокое соотношение объема и суммарной площади поверхности благодаря высокой степени пористости.

**Формирование диэлектрика.** Диэлектрик представляет собой плёнку пентаоксида тантала ( $Ta_2O_5$ ), сформированную на поверхности анода при помощи электрохимического окисления. Толщину оксидной пленки можно задавать, изменяя величину приложенного напряжения в ходе процесса электрохимического окисления. Как правило, толщина плёнки чрезвычайно мала – от нескольких сотен до нескольких тысяч ангстрем ( $1 \text{ ангстрем} = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ метра}$ ).

Оксидная плёнка ( $Ta_2O_5$ ) имеет аморфную, а не кристаллическую структуру. Это является важным фактором, так как такая структура обеспечивает высокое электрическое сопротивление.

**Формирование электролита.** В качестве электролита используют диоксид марганца ( $MnO_2$ ), который представляет собой твердотельный полупроводниковый материал. Диоксид марганца формируется в ходе окислительно-восстановительной реакции при термической обработке солей марганца. В процессе изготовления конденсатора, полученную ранее губчатую структуру пропитывают солями марганца и подвергают нагреву до получения диоксида марганца на поверхности (рисунок 1). Этот процесс пропитки и нагревания повторяют несколько раз, до полного покрытия всей структуры.

**Создание катода** Для улучшения степени контакта поверхность диоксида марганца покрывают слоем графита, а на графит наносят проводящее металлическое покрытие, обычно серебро.

Полученную структуру запрессовывают в компаунд (рисунок 1).

Конструкция конденсатора позволяет определить механизмы выхода его из строя. Основной причиной отказов является электрический пробой танталовых конденсаторов.

Пробой танталовых конденсаторов связан с резким возрастанием токов утечки [4]. Величина их мала и постоянна, но их наличие всё равно необходимо учитывать. Так, например, во времязадающих цепях ток заряда конденсатора должен превышать ток утечки как минимум в 10 раз. Например, при заряде конденсатора ёмкостью 47 мкФ через резистор 100 кОм напряжением 5 В ток утечки не должен превышать 5 мкА во всем рабочем диапазоне температур.

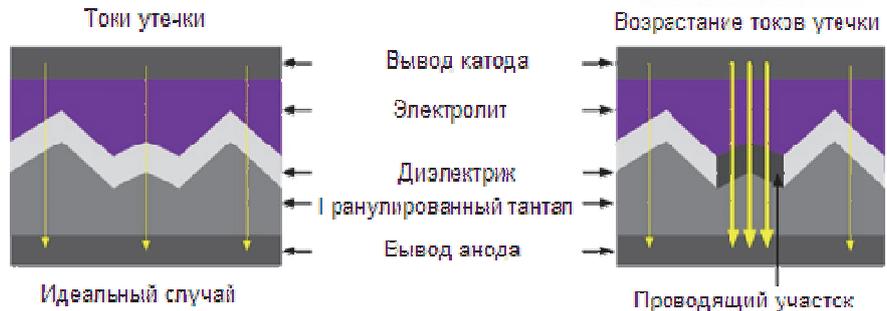


Рисунок 2 – Возрастание токов утечки при кристаллизации диэлектрика

Возрастание тока утечки связано с пробоем диэлектрика ( $Ta_2O_5$ ). Возрастание токов утечки при кристаллизации диэлектрика изображено на рисунке 2. Механизм пробоя достаточно хорошо изучен. Диэлектрик, изначально имеющий аморфную структуру, на отдельных участках поверхности кристаллизуется под действием различных факторов (температуры, высокого напряжения). Кристаллический пентаоксид тантала является проводящим мате-

риалом, что приводит к резкому возрастанию токов утечки (рисунок 2).

Если пробой произошел при приложении высокого напряжения и высоких температур, то реакция может быстро распространиться на всю поверхность диэлектрика – лавинообразный эффект. Степень распространения лавинообразного эффекта может быть различной. Поэтому и степень повреждений варьируется от относительно маленьких «выгоревших» точек до зигзагообразных выжженных участков на поверхности диэлектрика. При этом возможно повреждение танталовой основы и металлических контактов.

Если площадь кристаллизации диэлектрика не велика, может проявиться эффект самовосстановления. Эффект самовосстановления изображен на рисунке 3. В этом случае ток, протекающий через кристаллизованный диэлектрик, вызывает его перегрев, что приводит к химическим преобразованиям в структуре электролита ( $MnO_2$ ).



Рисунок 3 – Эффект самовосстановления

Уровень перегрева определяет степень превращения. Первое превращение ( $MnO_2 \rightarrow MnO_2O_3$ ) требует разогрева до  $530\text{ }^\circ\text{C}$ , а последнее происходит при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Каждое следующее преобразование приводит к появлению оксида с меньшим значением проводимости, чем у предыдущего. В результате проводящий кристаллический участок оказывается изолированным непроводящим оксидом марганца.

Кроме пробоя, возникающего в процессе ошибочной эксплуатации, возможно нарушение целостности диэлектрика из-за различных дефектов, возникших в процессе производства и транспортировки. Существует несколько основных видов дефектов:

- механические дефекты диэлектрика;
- примеси и включения в диэлектрике;
- участки кристаллического диэлектрика, возникшие при производстве.

Механические дефекты могут быть двух видов [5]. Первый вид дефектов возникает при повреждении слоя диэлектрика после того, как он был выращен на металлической подложке. Это может произойти, например, при ударе структуры конденсатора о твердую поверхность.

Второй вид механических дефектов возникнет при формировании слоя электролита ( $MnO_2$ ). Дело в том, что восстановление  $MnO_2$  из солей марганца представляет собой достаточно бурную реакцию с образованием пара, выделением газов и тепла. Так как структура поверхности танталового анода пористая, то внутри пор на поверхность диэлектрика оказывается давление. Совместное действие теплового удара и давления газов внутри малых пор может вызвать повреждение диэлектрика.

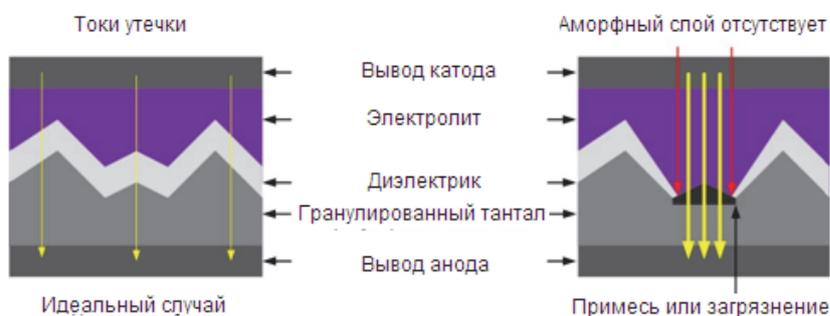


Рисунок 4 – Нарушение слоя диэлектрика при наличии загрязнений на аноде

Дефекты, связанные с примесями возникают из-за наличия на поверхности тантала различных включений (примесей или загрязнений). Нарушение слоя диэлектрика при наличии загрязнений на аноде изображено на рисунке 4. Такими примесями могут быть: углерод

и металлы. При отсутствии поверхностных включений слой диэлектрика будет равномерным.

Однако при наличии загрязнений образования оксида тантала в этих местах не будет (так как в этих местах не будет достаточного количества тантала). При большой толщине наращиваемого диэлектрика эти места будут зарастиваться оксидом, но толщина его будет ниже, чем во всей структуре в целом.

Наличие кристаллических вкраплений в слое аморфного оксида тантала ( $Ta_2O_5$ ) является третьей причиной нарушения слоя диэлектрика при производстве. Кристаллизация может происходить по ряду причин: материал или концентрация электролита не соответствует требованиям, несоблюдение температурного режима, наличие примесей в исходных материалах. Кроме того, кристаллизация может возникать при избытке кислорода в среде при создании танталового анода (этот процесс, как говорилось выше, должен проходить в условиях глубокого вакуума). При наличии кислорода на поверхности танталового анода возникают пирамидальные слои кристаллического оксида тантала. Как было сказано выше, эти участки являются проводящими. Именно поэтому производители танталового порошка прилагают большие усилия, чтобы минимизировать количество кислорода в порошке, прежде чем поставлять его производителю конденсаторов.

Таким образом, качество, надежность и срок службы во многом определяется еще на этапе производства. Чем более ответственно производитель конденсаторов следит за выполнением технологии изготовления, качеством материалов, контролем готовых компонентов, тем надежнее будет итоговый продукт.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ханин, С.Д. Пассивные радиокомпоненты: Электрические конденсаторы. -Ч.1. / С.Д. Ханин [и др.] -СПб.: Сев.-Зап. политех. ин-т, 2011. -86 с.
- 2 Горелов, В.П. Общая энергетика: учебник в 2 кн. Кн. 1. Альтернативные источники энергии / В.П. Горелов, С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, Е.В. Ивановой. -Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. ун-т водн. трансп., 2016. -418 с.
- 3 Волгов, В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры / В.А. Волгов. -М.: Энергия, 2009. -126 с.
- 4 Гусев, В.Н. Электрические конденсаторы постоянной емкости / В.Н. Гусев, В.Ф. Смирнов. -М.: Высш. шк., 2009. -237 с.
- 5 Горелов, В.П. Электроснабжение транспортных объектов: учеб. пособие: в 2 кн. Кн. 1. Водный транспорт с комбинированными электроисточниками / В.П. Горелов, С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова -Новосибирск: Изд-во Новосибир. гос. акад. водн. трансп., 2012. -299 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *устройства поверхностного монтажа, чип-конденсатор, тантал, пробой конденсатора, механический дефект, электролит, диэлектрик*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Игнатенко Евгений Сергеевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Морев Константин Николаевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Никулин Владимир Игоревич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## **ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОСЛЕАВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ СЕВЕРНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СВЕТЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Нижевартровский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

**Е.В. Иванова, Д.М. Иванов, Н.А. Ковалева, А.Ю. Ковалев, В.Г. Сальников,  
Н.А. Рыковский, С.М. Спирев**

**INTEGRATED EVALUATION OF THE POST-FAULT POWER SYSTEMS NORTHERN OIL AND GAS FIELDS IN THE LIGHT OF THE CONCEPT OF SMART GRID**

Siberian state university of water transport

Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university

E.V. Ivanova, D.M. Ivanov, N.A. Kovaleva, A.Y. Kovalev, V.G. Sal'nikov, N.A. Rykovskiy, S.M. Spirev

We consider the complex load as a host receptor 6kW bush oil and gas from deep wells, mechanized way. The mathematical models of the statistical characteristics of the load voltage and the safety factor. Conclusions.

*Keywords: Integrated load, electrical measurement circuit, static characteristics of voltage load, safety factor, concept*

Рассматривается комплексная нагрузка как рецептор узла сети 6 кВ куста добычи нефти и газа из глубинных скважин механизированным способом. Определены математические модели статисти-

ческих характеристик этой нагрузки по напряжению и коэффициенты запаса устойчивости. Сделаны выводы.

Системный подход к расчётному обеспечению инновационного развития электрических сетей 6-220 кВ северных глубинных скважин нефтегазодобычи выявил потребность в интегральной оценке возможности асинхронной нагрузки устойчиво работать в послеаварийном режиме работы. Основными причинами, которые обуславливают потребность в выполнении такого исследования, является сложившаяся ситуация в электроэнергетике.

1 В электрических сетях нефтедобывающей отрасли наблюдается рост электрических нагрузок, обусловленный изменением технологии добычи на истощающихся месторождениях. Заметным воздействием подвергаются сети среднего напряжения. Эти явления объективно связаны с тем, что поверхностные нефтеносные слои на многих месторождениях истощены. Внедряются технологии добычи нефти механизированным способом из глубинных скважин. Качественно меняется состав комплексной нагрузки из-за широкого использования электроприёмников с нелинейными вольтамперными характеристиками и несимметричными нагрузками по фазам [1].

На истощающихся месторождениях добыча осуществляется с помощью погружных установок электроцентробежных насосов (УЭЦН). Примерно 70% нефти извлекается на территории Западной Сибири с помощью этих установок и в среднесрочной перспективе за ними остаётся преимущественная роль. Интенсивно ведутся работы над интеллектуализацией станций управления УЭЦН [1], улучшением электромагнитной обстановки (ЭМО) в электрических сетях [2], повышением качества электроснабжения путём подавления кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех (ЭМП), обеспечением электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств.

2 Развитие электрических сетей (по объективным причинам) на северных нефтегазовых месторождениях необходимо развивать в соответствии с директивными документами [3]:

«Энергетической стратегией России на период до 2030 года», утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.12.2009 г. №1715-р;

Федеральным законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», №261-ФЗ от 21.11.2009 г.;

«Концепцией развития интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью» от 07.08.2010 г., разработчики: ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Министерство энергетики РФ, ОАО «ФСК ЕЭС», Российская академия наук, ОАО «НТЦ электроэнергетики».

Интеллектуальная система – техническая или программная система, способная использовать хранящиеся в её памяти знания для решения творческих задач, что традиционно считается прерогативой человека.

В свете изложенного качественное функционирование электроснабжения истощающихся скважин нефтедобычи, характеризующееся возрастанием энергозатрат на одну тонну добытой нефти, объективно связывается с прогрессом в эксплуатации электрических сетей. Существующая система пассивных сетей не может удовлетворить возросшие требования к надёжности и эффективности электроснабжения интеллектуальных станций управления УЭЦН. Развитие региональных ЭЭС (отраслевой энергетики) в рамках прежней экстенсивной концепции, основанной преимущественно на вводе новых мощностей и развитии сетевой инфраструктуры с улучшением технико-экономических показателей отдельных видов оборудования и технологий, связано с наличием серьёзных ограничений [1-4].

Пассивная система – управление генерацией, потреблением и распределением электроэнергии путём (за счёт) коммутации.

В целом для успешного развития инновационной концепции объединяются усилия крупных энергетических компаний. Так, Российским энергетическим агентством и Агентством по международному развитию США в соответствии с договорённостями, достигнутыми в ходе встречи президентов Российской Федерации и США, подписан Протокол о намерениях в развитии сотрудничества по проблемам чистой энергетики, «умных» сетей и энергоэффективности, содержащий план действий двух стран по развитию сотрудничества в направлении Smart Grid в России [3].

Наиболее полно общую функционально-технологическую идеологию этой концепции, по-видимому, отражает сформулированное IEEE (The Institute of Electrical and Electronics

Engineers – Институт инженеров электротехники и электроники) определение Smart Grid как концепции полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электроэнергетической системы, имеющей сетевую топологию и включающей в себя все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью информационно-управляющих устройств и систем в режиме реального времени [3-5].

Кроме того, в нашем случае необходимо учитывать, что в нефтегазодобывающей отрасли повысились требования по энергоэффективности и экологической безопасности [1].

Идентификация этих условий и факторов выдвинула на передний план проблему совершенствования систем электроснабжения нефтеносных регионов, которая с одной стороны соответствовала бы современным взглядам, целям и ценностям социального и общественного развития, формирующимся и ожидаемым потребностям людей и общества в целом, а с другой – максимально учитывала основные тенденции и направления научно-технического прогресса во всех отраслях, сферах жизни и деятельности общества [1-4, 9-11].

В такой постановке задача развития электроэнергетики из преимущественно балансовой (продуктовой), заключающейся, в основном, в обеспечении баланса производства и потребления электроэнергии и предоставлении потребителю регламентированного спектра услуг с заданными характеристиками, трансформируется в задачу создания, развития и предоставления потребителю и обществу в целом своего рода меню энергетических возможностей (услуг) [3, 4, 9].

В нашем случае электрическую сеть 6-220 кВ месторождения нефти необходимо представлять как основной объект формирования нового технологического базиса, дающего возможность существенного улучшения достигнутых и создания новых функциональных свойств энергосистемы. Всё это носит инновационный характер и отражает переход к новому технологическому укладу в электроэнергетике и в экономике в целом [3].

Технологический уклад – совокупность технологий, характерных для определённого уровня развития производства; в связи с научным и технологическим прогрессом происходит переход от более низких укладов к более высоким, прогрессивным [3].

При этом взаимосвязь заинтересованных сторон (стейкхолдеров) как представителей традиционной структуры электроэнергетики (генерация, передача, распределение, диспетчеризация, потребление), так и государственных структур (правительство – федеральное, региональное, муниципальное; регулирующие органы), а также производителей оборудования и технологий, исследовательских институтов и организаций, банков и т.д. является основным условием создания активно-адаптивной системы сети в регионах нефтедобычи.

Всё изложенное предъявляет к электрическим сетям 6-220 кВ нефтегазодобывающей отрасли повышенные требования, обусловленные полной автоматизацией как в установившемся режиме, так и в послеаварийном. Одной очень важной задачей из этой сферы является достоверная интегральная оценка возможности самозащита асинхронной нагрузки северных глубинных скважин после восстановления напряжения [11]. В новом послеаварийном установившемся режиме должны соблюдаться нормируемые показатели качества на электроэнергию, обусловленные требованиями ГОСТ 32144–2013.

*Результаты исследований.* Экспериментальные исследования, проводимые в узле нагрузки сети 6 кВ схемы электроснабжения куста №14 Восточного купола Восточно-Перевального месторождения. Схема электрической сети является новой для нефтегазовой отрасли.

Комплексная нагрузка глубинных скважин рассматривалась как рецептор узла сети 6 кВ. Доказана допустимость эквивалентирования этой нагрузки асинхронным короткозамкнутым двигателем, необходимого для раскрытия механизма её влияния на устойчивость по напряжению. Теоретическим методом, на основе ретроспективного анализа выполненных исследований показано, что критическое значение напряжения в сети обуславливает экстремальное значение коэффициента регулирующего эффекта  $\alpha = -\infty$ , при котором наступает аварийный режим работы электродвигателей приводов технологических установок нефтегазодобычи.

Отсутствие детерминированных связей между индивидуальными графиками электроприёмников представляет полную мощность узла сети интегральным параметром нагрузки, поэтому экспериментальным методом исследовалась функция

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = \chi(U, f, t), \quad (1)$$

где  $n$  – количество индивидуальных электроприёмников;  
 $f$  – частота переменного тока;  
 $U$  – напряжение в узле сети;  
 $t$  – продолжительность экспериментальных измерений, обусловленная характером нагрузки.

На рисунке 1 приведена электрическая схема измерений полной мощности в узле сети 6 кВ региона с затухающим месторождением. Для измерения полной мощности использовались измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) «Омск-М», трансформаторы тока типа АВК-10 600/5 (класс точности 1,0) и трансформатор напряжения типа НТМИ 6.

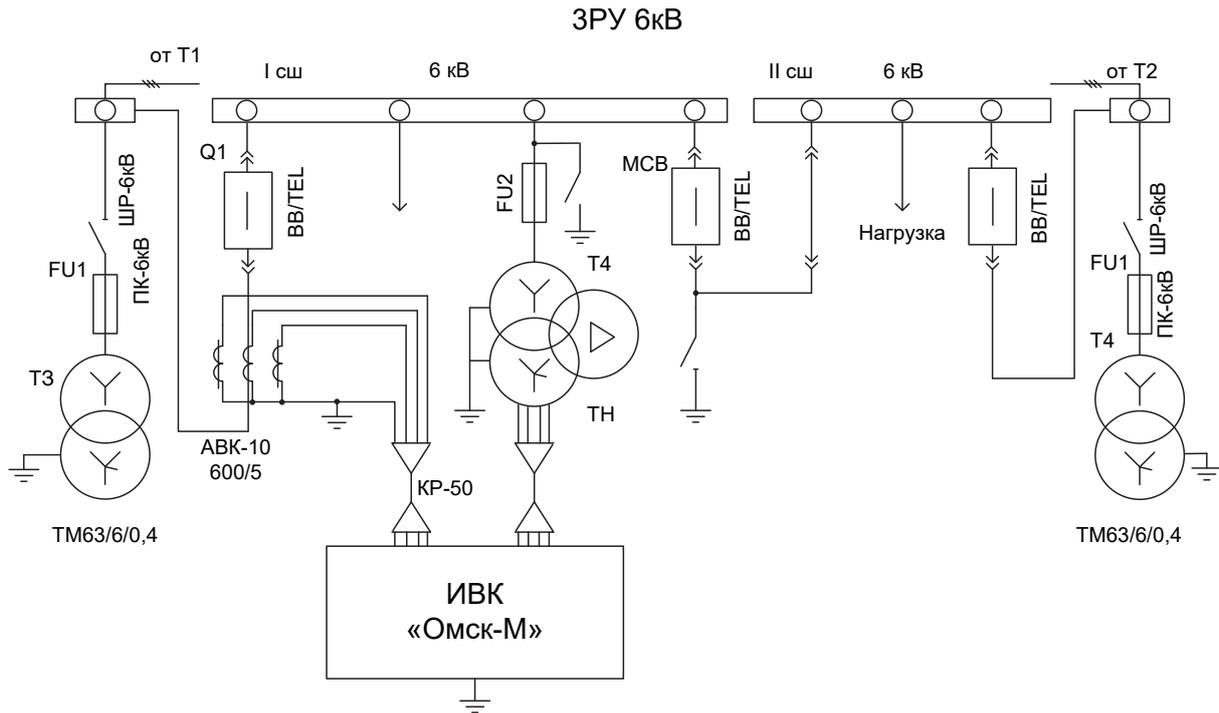


Рисунок 1 – Электрическая схема измерений полной мощности в узле сети 6 кВ

Система измерений соответствует требованиям Госстандарта России к измерению электрических величин, представляет собой программируемое средство измерения электрических величин, имеет автономное математическое обеспечение для обработки результатов измерений. Относительная погрешность измерения полной мощности с вероятностью 0,95 составляет 4%. Суточный график полной мощности узла нагрузки исследуемой сети 6 кВ приведён на рисунке 2.

При измерении показатели качества электроэнергии ( $\Delta f$  – отклонение частоты, Гц;  $\delta U_{(-)}$ ,  $\delta U_{(+)}$  – отрицательные и положительные отклонения напряжения, %) соответствовали требованиям ГОСТ 32144-2013, поэтому этот рисунок отображает функцию

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = \chi(t).$$

Расчёты по программе математического обеспечения измерений (пакет программ Matlab) позволил охарактеризовать суточный график полной мощности по всем известным показателям:

- математическое ожидание  $M[S] = 0,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ , которое учитывает в сжатом виде все электрические режимы электропотребления за период наблюдения;
- среднеквадратическое отклонение  $\delta[S] = 0,04 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ , которое является характеристикой рассеяния полной мощности за период наблюдения;
- коэффициент неравномерности электропотребления  $K_{нр} = 0,71$ , который характеризует отношение значения наименьшей полной мощности за расчётный период наблюдения к

наибольшей;

– коэффициент заполнения суточного графика  $K_s = 0,86 < 1$ , который характеризует отношение математического ожидания полной мощности к наибольшему значению за период наблюдения;

– коэффициент формы графика  $K_\phi = 1,05 > 1$ , который характеризует отношения среднеквадратического значения к математическому ожиданию полной мощности за период наблюдения.

Распределение в течение суток значений полной мощности как случайной величины соответствует равномерному закону распределения теории вероятности и математической статистики. Поэтому можно сделать вывод о том, что во время всего цикла работы затухающих месторождений сохраняется равномерное электропотребление.

Действующая электромагнитная обстановка в исследуемом узле сети 6 кВ позволяет определить статические характеристики нагрузки (СХН) по напряжению аналитическим путём на основе разложения функций  $P = f(U)$ ,  $Q = \psi(U)$  в ряд Тейлора относительно номинального значения напряжения  $U_H$ , где  $P$  – активная мощность,  $Q$  – реактивная. Используются уравнения баланса мощностей

$$\left. \begin{aligned} P(U) &= P(U_H) + \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U \\ Q(U) &= Q(U_H) + \frac{\partial Q}{\partial U} \Delta U \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для определения частных производных  $\partial P / \partial U$  на подстанции 35/6 кВ (рисунок 1) осуществлялся анализ влияния колебаний напряжения  $\Delta U$  в пределах  $\pm 10\%$  от  $U_H$  на величины  $P(U)$  и  $Q(U)$ .

На рисунке 3 представлены графики функций  $P(U)/P_H = f(U/U_H)$  и  $Q(U)/Q_H = \psi(U/U_H)$  на интервале изменений напряжения  $\pm 0,1U_H$ , где  $P_H$  и  $Q_H$  – соответственно активная и реактивная мощности при номинальном напряжении.

Графо-аналитическим методом определены значения  $\partial P / \partial U = 3$ ,  $\partial Q / \partial U = 0,8$ . С учётом полученных результатов, математические модели в относительных единицах характеризующие статические характеристики по напряжению узла электрической нагрузки сети 6 кВ куста механизированной добычи нефти из глубинных скважин имеют вид

$$\left. \begin{aligned} P(U) &= P(U_0) + 0,3(\pm \Delta U) \\ Q(U) &= Q(U_0) + 0,8(\pm \Delta U) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Относительные ошибки расчётов по этим формулам с вероятностью 0,95 не превышают 15%.

Завершилось эмпирическое исследование комплексной нагрузки как рецептора определением коэффициента запаса её устойчивости по напряжению.

Использовался вторичный критерий  $\frac{\partial E_s}{\partial U} > 0$ , который связан со статическими характеристиками нагрузки через электродвижущую силу (ЭДС) эквивалентного генератора  $E_s$  и классический алгоритм расчёта [2].

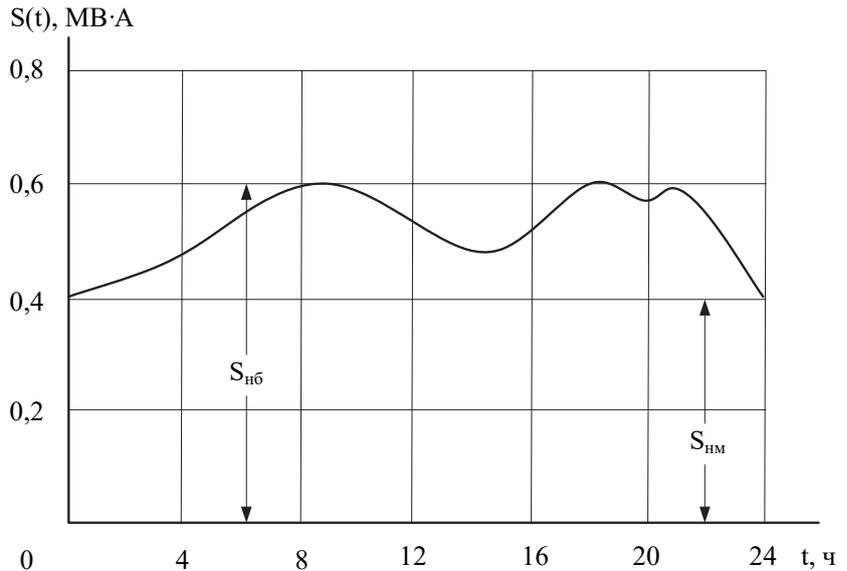


Рисунок 2 – Суточный графика полной мощности узла нагрузки исследуемой сети 6 кВ

На рисунке 4 представлен график функции  $E_{э*} = f(U_*)$  в относительных единицах (кривая 1) и касательная 2 к точке графика с параметрами  $\frac{\partial E_{э*}}{\partial U_*} = 1$ . По мере снижения напряжения значение производной  $\frac{\partial E_{э*}}{\partial U_*} > 0$  уменьшается и при критическом напряжении  $U_{кр*} = 0,57$  производная обращается в нуль, при дальнейшем снижении напряжения знак производной меняется  $\frac{\partial E_{э*}}{\partial U_*} < 0$ . Устойчивость нагрузки сохраняется в диапазоне  $(0,57 - 1,10)U_H$ . Коэффициент запаса устойчивости нагрузки по напряжению составляет  $K_{(U)} = 0,43$ .

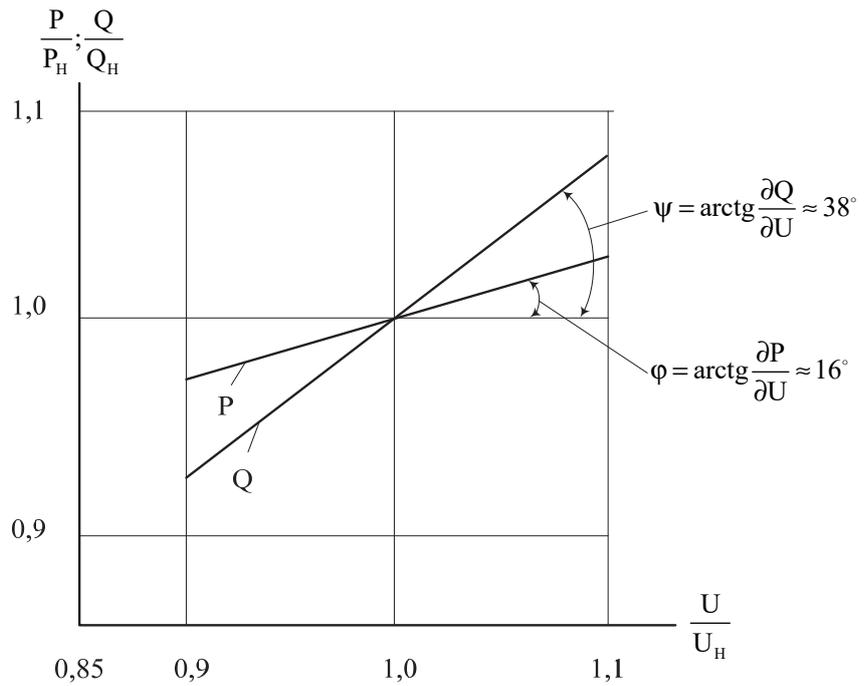


Рисунок 3 – Статические характеристики нагрузки по напряжению узла сети 6 кВ

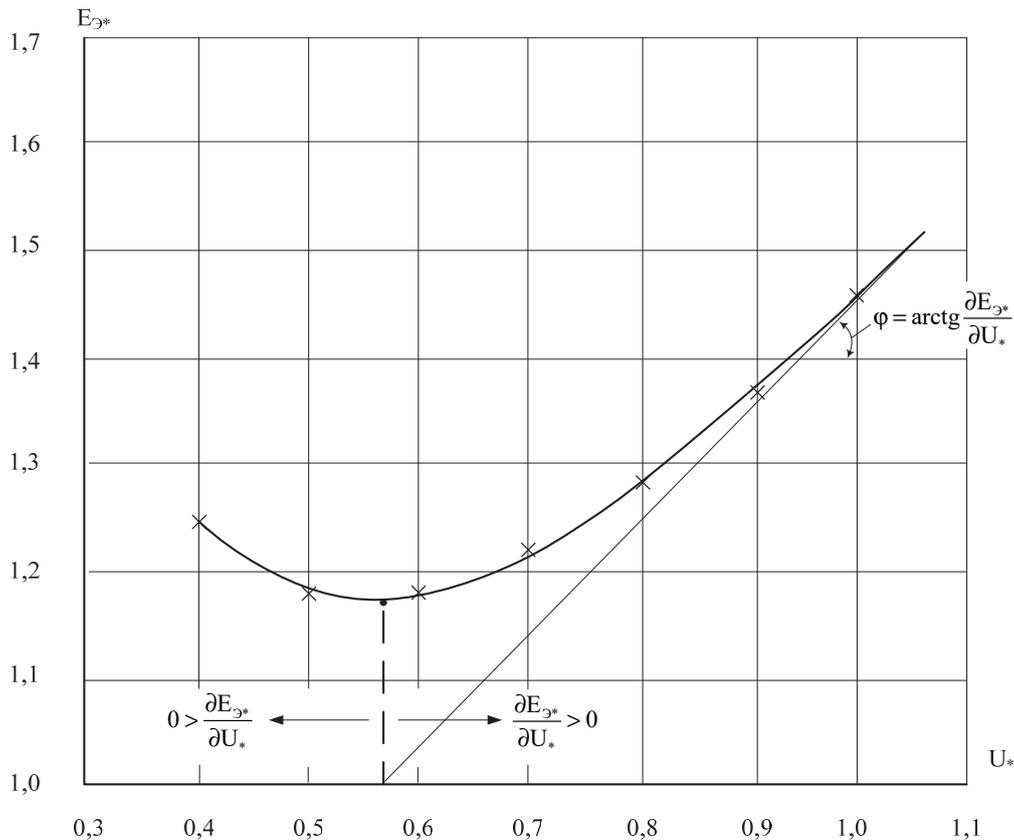


Рисунок 4 Интерполяционное представление режимов работы комплексной нагрузки по напряжению узла сети 6 кВ куста добычи нефти и газа из глубинных скважин:  $\frac{\partial E_{э*}}{\partial U_*} > 0$  – режим устойчивой работы;  $\frac{\partial E_{э*}}{\partial U_*} < 0$  – не устойчивой

**Выводы:**

Представленные исследования показывают достаточно высокий коэффициент запаса устойчивости нагрузки по напряжению ( $K_{(U)} = 0,43$ ). При таком значении этого коэффициента обеспечивается одновременный самозапуск всех асинхронных двигателей узла нагрузки как наземных, так и погружных технологических агрегатов.

Послеаварийное состояние электрических сетей 6 кВ нефтегазодобычи согласно параметрам электромагнитной обстановки допускает дальнейшее их развитие в соответствии с концепцией Smart Grid.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Сальников, В.Г. Критерии достаточности запаса статической устойчивости комплексной нагрузки нефтедобычи для различных режимов работы системы электроснабжения / В.Г. Сальников, Ю.М. Денчик, Н.А. Ковалева, Е.Ю. Кислицин // -Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2015. -№2. -С. 206-210.
- 2 Данилов, Г.А. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова и В.Г. Сальникова. -Новосибирск, Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.
- 3 Кобец, Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. -М.: ИАЦ Энергия, 2010. -208 с.
- 4 Логинова, Е.Л. Переход к интеллектуальной электроэнергетической системе с активно-адаптивной сетью: глобализационное конструирование новых управленческих полей в единой энергетической системе России / Е.Л. Логинова, А.Е. Логинова // -Национальные интересы: приоритеты и безопасность. -2012. -№33 (174). -С. 14-18.
- 5 European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future». European Communities, 2006.
- 6 «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
- 7 European Technology Platform Smart Grids. Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future. April, 2016.
- 8 Smart Grid System Report. U.S. Department of Energy. July 2009.
- 9 Кобец, Б.Б. Smart Grid за рубежом как концепция инновационного развития электроэнергетики / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова // -Энергоэксперт. -2010. -№1. -С. 24-30.
- 10 Шакарян, Ю.Г. Технологическая платформа Smart Grid (основные средства) / Ю.Г. Шакарян, Н.Л. Новиков // -Энергоэксперт. -2009. -№4. -С. 42-49.
- 11 Ковалева, Н.А. Основные факторы влияния на качество функционирования электрических сетей северных месторождений полезных ископаемых / Н.А. Ковалева, А.А. Глотов, Ю.М. Денчик // Электротехника. Энергетика. Машиностроение: в 3 ч.: сб. научн. трудов I международной науч. конф. Молодых ученых. Часть 2. Секция «Энергетика», г. Новосибирск; 2-6 дек. 2014 г. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-т, 2014. -С. 20-23.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*комплексная нагрузка, электрическая схема измерений, статические характеристики нагрузки по напряжению, коэффициент запаса, концепция*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванов Дмитрий Михайлович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Ковалева Наталья Александровна, преподаватель Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»  
Ковалев Александр Юрьевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Рыковский Никита Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спирев Сергей Михайлович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:****ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ**

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

**В.П. Горелов, К.Н. Морев**

**POWER PROBLEMS IN SIBERIA AND THE FAR EAST**  
Siberian state university of water transport  
V.P. Gorelov, K.N. Morev

Presented hypothesis implementation of solar panels as an alternative to traditional power sources. The role of photovoltaics. It is shown the influence of photovoltaics on the environment.

*Keywords: photovoltaics, colorants, solar panels*

Изложена гипотеза внедрения солнечных панелей, как альтернатива традиционным источникам питания. Оценена роль фотовольтаики. Показано, влияние фотовольтаики на окружающую среду.

Сегодня фотовольтаика – быстро развивающаяся область производства электричества при помощи солнечной энергии. Отметим, что самые последние достижения в области уве-

личения эффективности и экономичности солнечных панелей были сделаны при помощи окрашивающих веществ: пигментов и красителей, играющие роль в солнечных батареях «антенны» – эффективного поглотителя солнечного света анодной частью солнечного элемента. В статье предоставлен обзор развития фотовольтаики.

Пигменты и красители, являются по определению, абсорбентами ультрафиолетовой части спектра и видимой, фотовозбуждаясь они способны переносить избыточную энергию. Это свойство используют в фотоэлементах солнечных батарей. [1]

**1 Принцип работы фотоэлементов.** Принцип работы фотоэлектрического кластера в упрощенном виде представляется следующим образом. Кластер состоит из двух электродов, из электролита и специальных материалов. Свет направляется на анод, содержащий специальный слой поглощающего материала и вызывает в этом материале образование носителей тока электронов и «дырок». В результате необходимо их разделить и собрать на электродах с помощью полупроводников за счет р-п переходов.

Самым часто встречающимся на сегодня полупроводником в фотоэлементах является кремний. В пластине полупроводника создаются области с р и n типами проводимости за счет введения в полупроводник различных полезных примесей. На самом деле механизм более сложный, но его детальное описание не входит в нашу задачу. Здесь необходимо – показать использование красителей, приобретших в фотовольтаике роль фотоантенн, фотосенсибилизаторов обратимого типа. Согласно двум законам фотовольтаики: чем эффективнее поглощение света в широком диапазоне солнечного спектра, тем при прочих равных условиях в природе будет эффективнее и биофотохимический эффект.

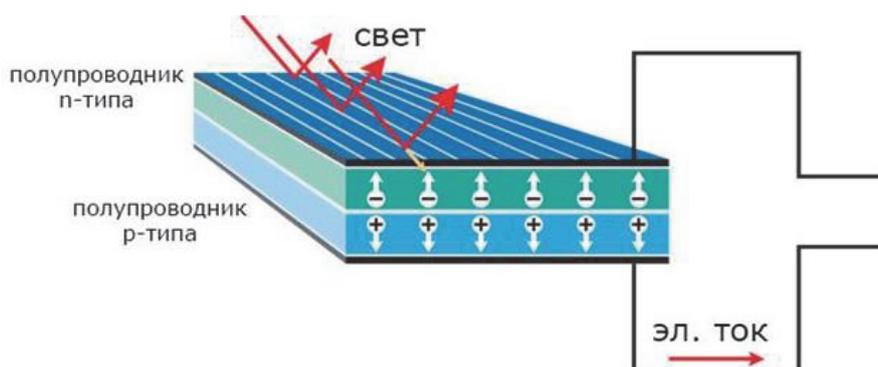


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы фотоэлемента на основе р-п – перехода

Таблица 1 – Эффективность фотоэлементов в зависимости от структуры

Тип фотоэлемента	Максимальный КПД, %
Si (аморфный)	9,5
Si (поликристаллический)	20,3
Si (кристаллический)	24,7
GaAs (кристаллический)	25,1
GaInP/GaAs	30,3
GaInP/GaAs/Ge	32,0
На красителях	10,4

**2 Развитие фотовольтаики.** Удивительно, что прогресс в фотовольтаике только в последние годы пришло к новому производству солнечных элементов с использованием красителей как основного светопоглощающего фотовозбуждающегося и электрогенерирующего компонента.

Ячейка Гретцеля принципиально отличается от классических фотобатарей на основе кремния. Полупроводник диоксид титана выполняет исключительно роль среды, в которой происходит транспорт фотоэлектронов, генерируемых фотовозбужденным красителем. В кремниевых фотоэлементах полупроводник кремний выполняет двойную функцию – генерирует фотоэлектроны и является средой для транспорта электронов. В ячейке Гретцеля краситель, выступая в роли фотосенсибилизатора, играет главенствующую, доминирующую роль, а остальные компоненты – анод из диоксида титана, электролит, платиновый катод – играют вспомогательную роль [1].

Главным достоинством солнечных батарей на красителях следует отнести их лёгкость, гибкость при формоустойчивости, простоту производства, низкую цену, возможность встраиваться в различные материалы и изделия. Эффективность работы определяется следующими параметрами. Одним из главных параметров является плотность тока, зависящая от эффективности поглощения. Все это зависит от строения красителей. Пигменты и красители, чрезмерно часто встречаются в природе, наиболее в растительном мире. Красители и

пигменты находятся в подавляющем количестве растений: в листьях, ягодах, фруктах и почве [2].

Основные параметры солнечных батарей, оцениваются по вольтамперной характеристике – зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  в стандартных условиях: мощность солнечной радиации  $1000 \text{ Вт/м}^2$ , температура ячейки  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , солнечный спектр на широте  $45^\circ$ .

Эффективность конверсии солнечной энергии в электрическую рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{in}} = \frac{I_{mp} V_{mp}}{P_{in}}$$

где  $P_{in}$  – мощность света, падающего на солнечный элемент.

В таблице 2 представлены для сравнения недостатки и достоинства солнечных батарей традиционного типа (на кремнии) и солнечных батарей (на красителях).

Таблица 2 Сравнительные характеристики солнечных батарей на основе красителей и солнечных батарей на кремнии

Свойства	Солнечные батареи на кремнии	Солнечные батареи на основе красителей
Прозрачность	нет	да
Экологичность технологии и материалов	нормальная	очень высокая
Стоимость производства электроэнергии	высокая	низкая
Эффективность генерации электроэнергии	высокая	нормальная
Цвет	один и тот же	полная гамма
Цикл жизни	10-15 лет	Около года

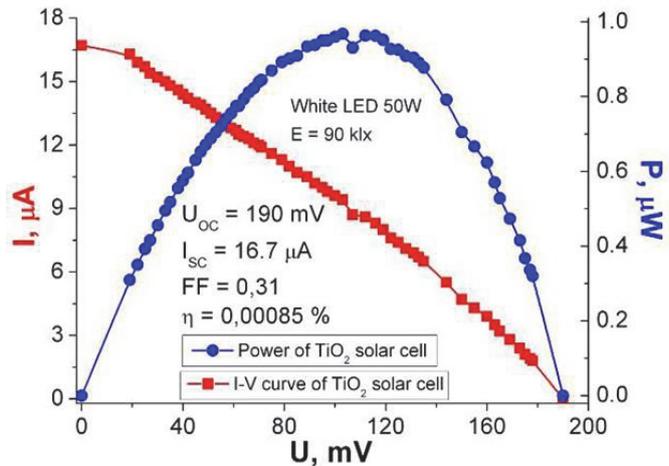


Рисунок 2 Вольтамперная характеристика и основные параметры ячейки Гретцеля

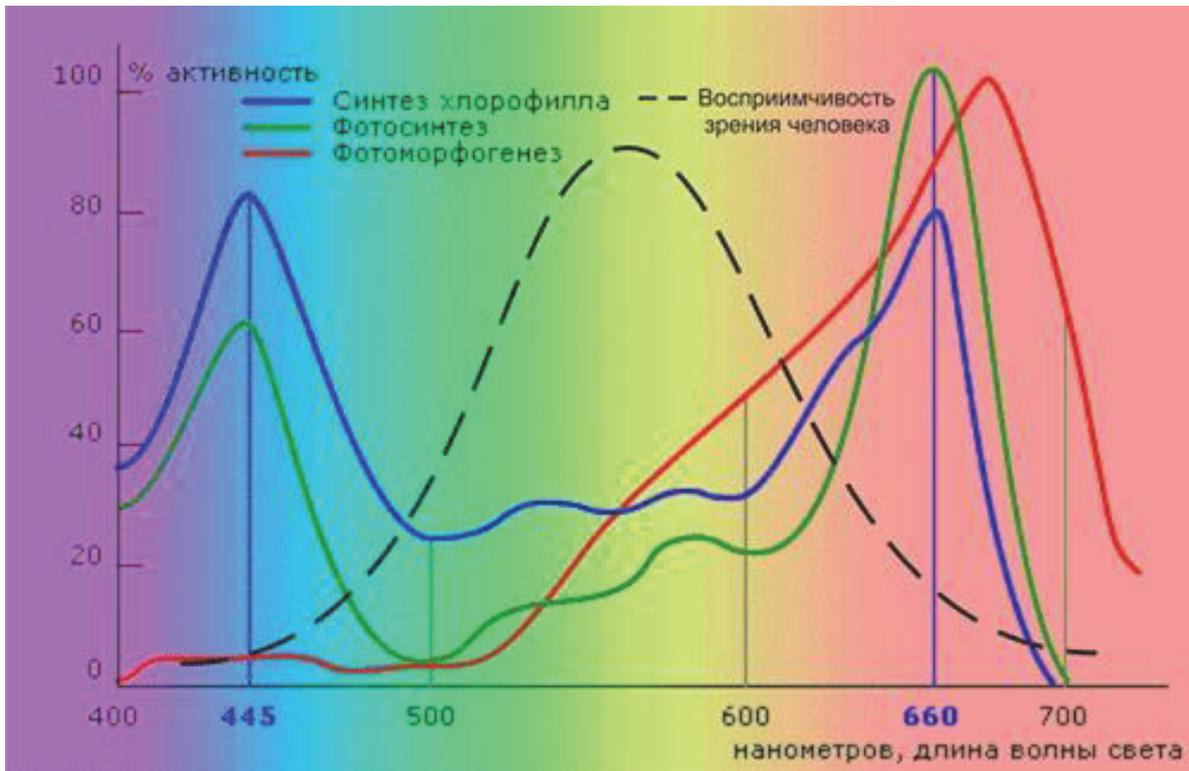


Рисунок 3 – Чувствительность пигментов растений в зависимости от длины волны солнечного света при разных процессах жизнедеятельности

Это расширяет использование природных красителей в фотовольтаике, особенно в таких сферах применения, как строительство и архитектура, «умная одежда» для мирных целей и силовых структур [1-5].

**Выводы:**

Применив данную технологию в Сибири и на дальнем востоке, можно увеличить количество вырабатываемой электроэнергии, что позволяет сохранить часть природных ресурсов, к тому же, как солнечные батареи на основе красителей дешевле в производстве (нет необходимости производить красители, так как они уже созданы природой).

Работа в широком диапазоне спектра, предоставляет возможность работы даже в плохую погоду.

Использование природных материалов не оказывает вреда на окружающую среду в отличие от других источников электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Режим доступа: <http://www.rusnor.org/pubs/reviews/14461.htm>. -04.08.2016.
- 2 Мейтин, М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы Пусть всегда будет Солнце! / М. Мейтин. -Режим доступа: <http://www.mobipower.ru/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=1>. -13.04.08.
- 3 Герасименко, З.Н. Кремний - материал нанoeлектроники / З.Н. Герасименко, Ю. Пархоменко. -М.: Техносфера, 2007. -351 с.
- 4 Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика. Методы расчетов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. -М.: Солнечная энергетика МЭИ, 2008. -317 с.
- 5 Гибилиско, С. Альтернативная энергетика без тайн / С. Гибилиско. Пер. с англ. -М.: Эксмо-Пресс, 2010. -368 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *фотовольтаика, красители, солнечные панели*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Горелов Валерий Павлович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Морев Константин Николаевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ КАК ОДНО ИЗ УСЛОВИЙ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»

ФГБОУ ВО «Нижневартровский государственный университет»

БУ ВО «Сургутский государственный университет»

**Е.В. Иванова, В.Г. Сальников, Ю.М. Денчик, Н.А. Рыковский, Е.Ю. Кислицин, А.В. Некрасов, Ю.Л. Иванилов, В.В. Рыжаков, Д.П. Антипин**

**ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY RELAY PROTECTION AND AUTOMATION AS A CONDITION OF INTELLIGENT GRID**  
Siberian state university of water transport

Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university

Nizhnevartovsk State University

Surgut State University

E.V. Ivanova, V.G. Sal'nikov, Ju.M. Denchik, N.A. Rykovskiy, E.Yu. Kislicin, A.V. Nekrasov, Y.L. Ivanilov, V.V. Ryzhakov, D.P. Antipin

It is shown that due to the widespread introduction of microprocessor technology in relay protection devices and network automation exacerbated the problem of electromagnetic compatibility (EMC) technology. The paper presents an analysis of proven methods EMC software. Presents the conclusions.

*Keywords: electromagnetic compatibility, relay protection, microprocessor devices, electromagnetic environment*

Показано, что в связи с широким внедрением микропроцессорной техники в устройства релейной защиты и сетевой автоматики обострялась проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств. Изложен анализ апробированных методик обеспечения ЭМС. Представлены выводы.

Повышение эффективности функционирования электроэнергетики страны в значительной мере достигается совершенствованием диспетчерского и технологического управления режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) на базе новых информационных технологий и вычислительных средств. Важной и неотъемлемой частью технологического управления ЭЭС является управление качеством электроснабжения (УКЭС), в котором понятие «качество электроснабжения» объединяет в себе две обширные проблемы: обеспечение ЭМС технических средств и бесперебойности (надёжности) электроснабжения [1].

Сегодня актуальные проблемы УКЭС заключаются в необходимости развития методологии многоцелевой оптимизации (МО) и создания на этой основе сложных алгоритмических моделей в составе технологических автоматизированных систем управления (АСУ) ЭЭС (АСДУ – автоматизированная система диспетчерского управления, АСКУЭ – автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии, АСУКЭ – автоматизированная система управления качеством электроснабжения и др.). Разработка адаптивных моделей УКЭС нуждается в развитии теории проектирования сложных системных объектов с использованием искусственного интеллекта в виде специализированных систем обучения, экспертных систем, различных программных и аппаратных средств. Создание этих систем с учётом кибернетических свойств ЭЭС нуждается в обеспечении ЭМС существующих систем релейной защиты и сетевой автоматики (УРЗА) [1, 2].

В связи с этим целью настоящей статьи является оценка состояния УРЗА в региональных ЭЭС и анализ известных мероприятий, обеспечивающих ЭМС.

*Электромагнитная обстановка (ЭМО).* В настоящее время не менее 40% всех УРЗА в отдельных электроэнергетических системах проработали более 25 лет. Количество таких устройств возрастает ежегодно на 2,5-4,0%. Трудозатраты на их обслуживание постоянно повышаются, а надёжность уменьшается и не отвечает предъявляемым требованиям. В создавшейся ситуации необходимы срочная реконструкция и перевооружение УРЗА. Возникает ряд серьёзных проблем [3], одной из которых является обеспечение электромагнитной совместимости УРЗА с энергетическими объектами. Эта проблема обостряется тем, что при перевооружении и вводе новых объектов используются не только электромеханические, но и полупроводниковые и микропроцессорные (МП) устройства, многие из которых (особенно МП) на несколько порядков более чувствительны к электромагнитным помехам, чем электромеханические УРЗА, а ведь последние тоже реагируют на эти помехи и даже иногда ложно срабатывают (основная причина – появление погрешностей в работе ферромагнитных элементов). В самой передовой энергосистеме России – «Мосэнерго» (по официальным данным) на неправильную работу УРЗА из-за проблем ЭМС приходится более 15% всех случаев такой работы [4], хотя МП и полупроводниковых устройств РЗА здесь приблизительно 3-4%.

Для решения задач ЭМС в условиях технического перевооружения энергетических объектов, во-первых, необходимо как можно более точно определить электромагнитную обстановку в месте установки устройства и его помехоустойчивость, а во-вторых, привести их в соответствие путём разработки и осуществления защитных мероприятий.

В конечном итоге все сводится к борьбе с электромагнитными помехами. Помехи проникают к устройствам РЗА и их исполнительным органам (приводам выключателей) через кабели, прокладываемые внутри помещений и на территории подстанций. Они возникают при ударах молнии в молниеотводы и мачты грозозащиты, при срабатывании высоковольтных разрядников и ограничителей перенапряжений, при коротких замыканиях (КЗ) на напряжении 110-750 кВ (в том числе и удалённых), коммутациях на сторонах высокого и низкого напряжения и в оперативных цепях, при работе сварки, электромеханических реле, бытовых приборов и портативных раций, включении и отключении контакторов. В первых трёх случаях могут возникать значительные разности потенциалов, как между заземлёнными агрегатами, так и точками на поверхности грунта. При ударах молнии и наличии дефектов заземляющих устройств они иногда могут превысить 100 кВ и привести к выходу из работы устройства РЗА и катастрофическим последствиям. Например, на подстанции «Очаково» из-за перенапряжений в сети постоянного тока, возникших при ударе молнии в молниеотвод, отключились 8 выключателей 110 кВ, 2 выключателя 220 кВ и несколько генераторов на ТЭЦ-25, повредились УРЗА, осциллограф и т.д. [3]. В США с 1990 по 2000 год только на объектах атомной энергетики из-за ударов молний зафиксировано 346 инцидентов. Именно с ударов молнии в одну из атомных электростанций США в августе 2003 года началась известная авария века, когда без электрической энергии остались несколько штатов в Америке и часть Канады [3].

*Краткий анализ методики определения ЭМО.* Применяемая методика для оценки ЭМО [5] прошла апробацию, суть которой сводится к следующему:

– Получают исходные данные для проведения работ, изучают расположение первичных цепей, заземлений, молниезащиты, типы УРЗА, АСУ-ТП, соединительных кабелей и трассы их прокладки. Для этого используют техническую документацию, которая является основной для разработки рабочей программы проведения исследований ЭМО. Рабочая программа –

это план экспериментально-расчётного обследования энергообъекта по определению уровня помех в цепях РЗА в самых неблагоприятных, но реальных аварийных режимах.

– Определяют ЭМО на объекте. Для этого:

а) измеряют электромагнитное поле промышленной частоты, поля частотного диапазона, импульсных полей в цепях постоянного тока, высокочастотную составляющую тока шин и кабелей высокого напряжения, их ёмкость относительно земли, входные параметры УРЗА (особое внимание уделяют МП устройствам);

б) имитируют основные виды электромагнитных возмущений, используя программу Interference, по которой рассчитывают реальные токи КЗ, определяют наиболее опасные виды коммутаций и помехи, наводимые ударами молний. Для изучения влияния КЗ на землю измеряют (например, комплексом ИК-1) потенциал в месте КЗ и токовую нагрузку на экраны кабеля. Установлено, что при этом возможны повышения потенциала заземляющих устройств, приводящие к повреждению изоляции проходящих поблизости кабелей вторичных цепей и даже разрушению их оболочки из-за того, что токи однофазного КЗ на подстанции оказываются больше допустимых. Возможно выгорание контактов, разрушение оболочки экранов или жил кабеля или перекрытие изоляции между кабелями. Поэтому особое внимание надо обращать на цепи, имеющие непосредственную связь с распределительным (РУ) высокого напряжения;

в) моделируют высококачественные (ВЧ) составляющие тока КЗ (например, с помощью генератора высокочастотных импульсов ГВЧИ-4П), которые возникают в цепи высокого напряжения во время разряда ёмкостей кабелей и другого оборудования при КЗ. Измеряют помехи на клеммах УРЗА и контрольных кабелей (генератор подключают к земле и оборудованию на открытом РУ, связанному с кабелями с указанными клеммами). Определяют импульсные помехи (часто называемые полевыми), возникающие в кабелях вторичных цепей от взаимодействия ВЧ токов, протекающих по ошиновке, с этими кабелями (вызванные резким изменением напряжения на шинах РУ при КЗ и коммутациями первичного оборудования). Для измерений по трассе вторичных цепей на высоте 1 м от земли прокладывается контрольный провод, к которому и подключается ГВЧИ, затем данные всех перечисленных измерений приводят к реальным токам КЗ по программе Interference. С помощью этой же программы определяют помехи, вызванные ударами молний: перекрытие с земли на кабели, измеряют распределение потенциала на земле, проводят расчёты по программе «СТОК» [5]. Для расчёта используют параметры тока молнии, рекомендуемые Международной электротехнической комиссией (МЭК);

г) измеряют поля радиочастотных диапазонов от 1 до 1000 МГц, а также поля от стационарных и переносных радиопередатчиков, которые есть на энергообъекте, магнитные поля частотой 50 Гц в местах установки терминалов в нормальных режимах (например, при пуске электродвигателей). В аварийных режимах их рассчитывают. Измеряют помехи, вызванные возмущениями в цепях питания низкого напряжения. Оценивают разряды статического электричества на основе измерения напряжения на операторе и покрытии пола (зафиксированы случаи заряда оператора до 15 кВ).

Отметим, что в России, анализ, проведённый несколькими организациями, показал, что нужно обследовать оборудование по всем видам электромагнитных помех, проводя их расчёты и замер на ОРУ всех напряжений и в помещениях с терминалами.

*Техническая документация и методы испытаний.* Одновременно с оценкой ЭМО анализируют техническую документацию на аппаратуру, которая будет устанавливаться на объекте, особенно тщательно на МП устройства. В этой документации обязательно должна быть указана степень жёсткости и номенклатура видов испытаний (выполненных фирмой-изготовителем) по нормам МЭК и ГОСТ на устойчивость к воздействию электромагнитных помех. Анализ должен заканчиваться выводами об адекватности этой номенклатуры реальным воздействиям, обнаруженным при анализе ЭМО, и, в случае необходимости, рекомендациями по дополнительным видам испытаний. Устойчивость к помехам должна соответствовать требованию ГОСТа, в России гостится до 15 видов помех. Эти требования включают в себя виды и степень жёсткости испытаний, критерии качества функционирования при них, класс жёсткости ЭМО в помещениях для размещения МП РЗА, группу исполнения по устойчивости к помехам (4 группы).

Методы испытаний приводятся в базовых стандартах на каждый вид помех. По требованиям устойчивости к помехам МП УРЗА должны испытываться в следующих режимах: дежурном, обработки сигналов в аварийном режиме и послеаварийном режиме. Во время ис-

пытаний нужно моделировать сигналы соответствующие этим режимам. Надо иметь современное оборудование, которое позволяет выполнять испытания в соответствии с требованиями 19 стандартов МЭК, EN и ГОСТ [3].

*Мероприятия, обеспечивающие ЭМС [3].* После сопоставления результатов анализа ЭМО с воздействиями, которые осуществляли при испытаниях РЗА сторонние организации или фирмы изготовители, делаются выводы о ЭМС. Затем указываются мероприятия, обеспечивающие ЭМС. Эти мероприятия в России, как правило, включают осуществление предложений по совершенствованию системы защиты от молний, трасс прокладки кабелей и их экранированию и заземлению экранов, методов и средств ограничения перенапряжений во вторичных цепях, цепях управления выключателями ВН и т.д., по устранению опасного электромагнитного излучения от автономных радиопередатчиков и ослаблению интенсивности источников статического электричества.

Из мероприятий, обеспечивающих ЭМС, выделим выполнение заземляющих устройств, так как опыт России показывает, что ЭМС УРЗА в значительной мере определяется качественным состоянием молниезащиты и заземляющих контуров. Здесь можно рекомендовать дополнительную прокладку тоководов для зданий, усиление заземлений и применение зонной концепции в соответствии с указаниями МЭК 61312. Заземляющие устройства должны иметь [5]: большее количество взаимных связей, хорошую связь по земле между РУ и релейным щитом, возможно меньшую длину заземляющих проводников, сетку контура заземления с шагом, обеспечивающим разность потенциалов не превосходящую напряжения пробоя изоляции контрольных кабелей, и с высокой плотностью (до 5,5 м) вблизи высоковольтного оборудования, которое устанавливается рядом с углом сетки и связывается с ней четырьмя противоположно направленными проводниками. Необходимо максимально уменьшать площадь электрических цепей, располагая сигнальные цепи (но не с большими токами при КЗ или молниях) как можно ближе к заземляющим проводникам, избегая их соединения с землёй более чем в одной точке, не располагая цепи с сильно отличающимися по амплитуде токами или напряжениями близко друг от друга. Мероприятия по ограничению влияния токов основной гармоники сводится к правильному размещению аппаратуры, так как помехи могут отличаться в зависимости от расположения в 4-5 раз, например в реле РСТ11, РСН17 [3].

Из изложенного видно, что по обеспечению ЭМС УРЗА сделано много, но не вполне достаточно, о чём свидетельствуют серьёзные аварии. В этом аспекте имеются также нерешённые проблемы. Например, нет точных методов расчёта распределения токов и потенциалов в системе заземления, отсутствуют чувствительные защиты от помех в цепях трансформаторов тока и напряжения.

Таким образом, реконструкция, перевооружения и введение новых объектов электроэнергетики невозможны без решения вопросов ЭМС устройств РЗА. Начинать надо с выяснения электромагнитной обстановки и уже в проекте указывать меры по приведению её в соответствие с помехоустойчивостью УРЗА, обращая особое внимание на молниезащиту и заземляющие контуры. Без решения проблемы ЭМС УРЗА невозможно создать активно-адаптивную систему в ЭЭС. Это объективное условие инновационного развития электроэнергетики на базе концепции Smart Grid.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пантелеев, В.И. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электропитания в электроэнергетических системах: монография / В.И. Пантелеев, Л.Ф. Поддубных. -Красноярск: Сиб. фед. ун-в., 2009. -194 с.
- 2 Денчик, Ю.М. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.А. Данилов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.
- 3 Клецель, М.Я. Проблемы релейной защиты и автоматики энергосистем / М.Я. Клецель // Вестник союза инженеров энергетиков. –Алматы: 2003. -№1. –С. 4-6.
- 4 Иванова, Е.В. Электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / Е.В. Иванова; под ред. В.П. Горелова и Н.Н. Лизалека. -Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2006. -432 с.
- 5 Арцишевский, Я.Л. Мероприятия по обеспечению ЭМС микропроцессорных устройств РЗА при техпереворужении действующих энергообъектов / Я.Л. Арцишевский [и др.] / Сборник докладов XV науч.-техн. конф. по релейной защите и автоматике энергосистем. –М.: 2002. -С. 162-163.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *электромагнитная совместимость, релейная защита, электромагнитная обстановка, микропроцессорные устройства*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Рыковский Никита Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Кислицин Евгений Юрьевич, канд. техн. наук, доцент Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

*Некрасов Алексей Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО НВГУ*

*Иванилов Юрий Леонидович, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО НВГУ*

*Рыжаков Виталий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент БУ ВО СурГУ*

*Антипин Дмитрий Павлович, инженер БУ ВО СурГУ*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

*628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный*

*узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартовский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

*628602, г.Нижневартовск, ул.Ленина, 56, ФГБОУ ВО НВГУ*

*628012, г.Ханты-Мансийск, ул.Ленина, 54/1, БУ ВО СурГУ*

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ**

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

**С.В. Горелов, К.Н. Морев, В.И. Никулин, Е.С. Игнатенко**

### **IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY NETWORKS WITH NONLINEAR CONSUMER**

**Siberian state university of water transport**

**S.V. Gorelov, K.N. Morev, V.I. Nikulin, E.S. Ignatenko**

The effect of the filter-devices on the quality indicators of electric power networks with non-linear consumers. The main factors are the choice of filter-devices.

*Keywords: nonlinear consumers, power quality, power system, power networks, filter-devices, quality indicators*

Рассмотрено влияние фильтрокомпенсирующих устройств на показатели качества электрической энергии в сетях с нелинейными потребителями. Приведены основные факторы выбора фильтрокомпенсирующих устройств.

Электрическая энергия – это производственный продукт, который, как и любой другой, должен быть качественным. Но за последние годы сильно возросло количество нелинейных приёмников, что в свою очередь, привело к искажению правильной формы напряжения и ухудшению коэффициента мощности потребителей. В силу этого обострилась проблема качества электроэнергии.

К электрическим приёмникам, отрицательно влияющим на форму сетевого напряжения и коэффициент мощности, относятся электротехнические комплексы, на которых используются регулируемые электроприводы, в том числе с полупроводниковыми преобразователями. Распространённым типом таких устройств, значительно влияющих на показатели качества энергии, являются выпрямители. Полупроводниковые выпрямители применяются для питания двигателя постоянного тока (ДПТ), а так же в качестве звена постоянного тока преобразователей частоты при регулировании скорости электродвигателей переменного тока. Снижение негативного воздействия выпрямителей на питающее напряжение приведёт к росту энергетических показателей полупроводниковых устройств и качества электроэнергии [1].

Искажая напряжение сети, и ухудшая качество электроэнергии, нелинейные потребители обеспечивают возникновение нежелательных воздействий на других потребителей и саму систему: возрастают потери в оборудовании, уменьшается срок службы и качество работы приёмников.

Рост потребления реактивной мощности так же увеличивает потери в сети снабжения. Но самое главное – изменяется форма напряжения сети, сильные отклонения которого приводит к срабатыванию релейной защиты, что в свою очередь отрицательно сказывается на технологическом процессе. Эти отклонения от синусоидальной формы напряжения наиболее заметны при соизмеримости мощностей сети и преобразователя. Показатели «отклонение напряжения» и «коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения» помогают оценить воздействие нелинейных потребителей на питающую сеть [2]. Показатель «коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения» определяется [2, 3].

$$k_{u.c.} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}{U_1^2}} \cdot 100, \%, \quad (1)$$

где  $\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2$  – сумма квадратов действующих значений высших гармонических составляющих

$U_n$  данной периодической кривой;

$U_1$  – действующее значение основной гармонической составляющей данной периодической кривой;

$n$  – порядок гармонической составляющей напряжения. Порядок последней учитываемой гармоники определяют исходя из требуемой точности определения коэффициента искажения.

Значения коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения приведены в таблице.

Таблица – Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_u, \%$

Нормально допустимые $U_{ном}, \text{кВ}$				Предельно допустимые $U_{ном}, \text{кВ}$			
0,38	6-20	35	110-330	0,38	6-20	35	110-330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Показатель «отклонение напряжения» определяется [2, 3]

$$\Delta U = \frac{U - U_n}{U_n} 100, \%, \quad (2)$$

где  $U$  – действующее значение напряжения, кВ;

$U_n$  – номинальное напряжение, кВ.

Существует три категории способов, при помощи которых можно повысить качество электроэнергии [4]. Первая категория включает в себя методы рационального построения схем электроснабжения, вторая – совершенствование приёмников, а третья – использование устройств улучшения качества. Для переоборудования электроприёмников или реконструирования сетей необходимы существенные вложения, поэтому оптимальным выбором сегодня будет являться выбор третьей категории. Проектирование новых сетей осуществляется с учётом современных требований к качеству.

Задача компенсации реактивной мощности является ведущим задачей при проектировании систем с нелинейными потребителями. Задача состоит из расчёта потребляемой реактивной мощности нелинейным приёмником и расчёта и выбора компенсирующих устройств.

В сетях с большим количеством высших гармоник, генерируемые нелинейными потребителями в случае применения обычных компенсирующих устройств, возникает опасность возникновения резонанса токов. Это может привести к ещё более сильному искажению напряжения или выходу из строя самих компенсирующих устройств. В этом случае, при наличии нелинейных потребителей в системе, применение компенсирующих устройств типа конденсаторных батарей недопустимо. Поэтому в таких системах применяются фильтрокомпенсирующие устройства, способные выполнять компенсацию реактивную мощность и фильтрацию высших гармоник [5].

На рисунке показано устройство, содержащее два соединённых звездой трёхфазных конденсаторно-реакторных фильтра высших гармоник одной частоты, первый из которых, состоящий из конденсаторов 1 и реакторов 2, присоединён к фазным зажимам питающей сети А, В, С непосредственно конденсаторами 1. Конденсаторы второго фильтра 3 также присоединены к фазным зажимам питающей сети непосредственно, а реакторы 4 присоединены к конденсаторам 3 через контакты выключателя 5. Устройство содержит второй трёхфазный выключатель 6, каждый из контактов которого включён между общей точкой конденсатора 1 и реактора 3 одной ветви (фазы) первого фильтра и общей точкой контакта первого выключателя 5 и конденсатора 3 неоднородной фазы второго фильтра.

Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) являются одним из главных средств улучшения качества энергии в системах с нелинейными устройствами. В ситуациях, когда для обеспечения качества напряжения сети необходимо регулирование реактивной мощности применяются два варианта схем ФКУ:

– со ступенчатым регулированием реактивной мощности, содержащее несколько конденсаторно-реакторных групп, включаемых в работу путем автоматического или ручного управления;

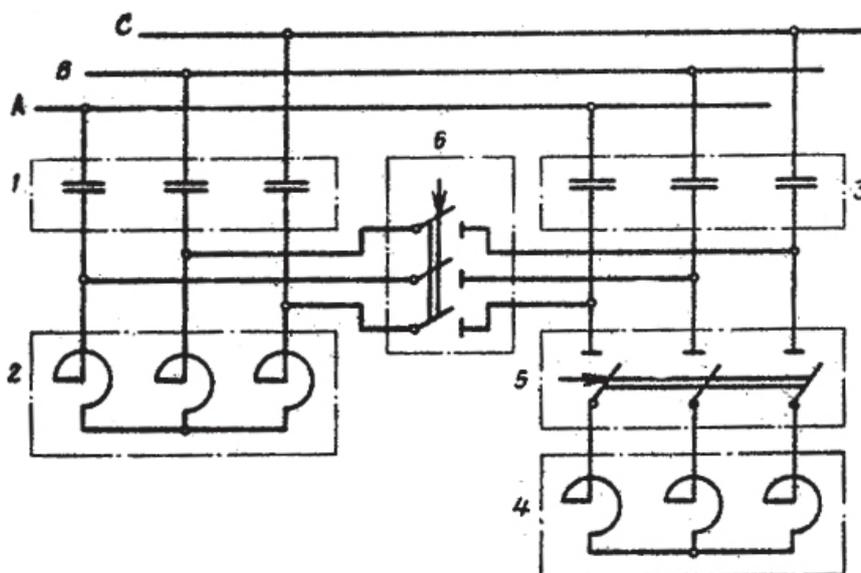


Рисунок – Фильтрокомпенсирующее устройство с двумя соединёнными в «звезду» фильтрами

– с непрерывным «косвенным» регулированием реактивной мощности, содержащее постоянно подключенную к сети фильтро-конденсаторную группу и параллельно включенный управляемый регулятор реактивной мощности.

Недостатки второго варианта, с косвенным регулированием (потери в тиристорной регулирующей группе и дополнительные искажения напряжения) незначительны, потому такие ФКУ могут применяться на практике.

Активные силовые фильтры также являются эффективным решением для улучшения качества энергии. В таких фильтрах регулирование напряжения осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции. Благодаря этому активные фильтры могут быть как управляемыми генераторами напряжения, так и потребителями. Так же эти фильтры способны вырабатывать высшие гармоники, которые имеют противоположную фазу высших гармоник нелинейных потребителей, а значит, нивелировать их [6].

Выбор фильтрокомпенсирующих устройств ведётся на основании расчётов показателей качества электроэнергии в местах присоединения нелинейных приёмников к системе, с учётом взаимодействия с другими элементами системы. Такой выбор обеспечит необходимое качество электроэнергии.

Риски, которые несут за собой проблемы качества электроэнергии, существенны, и даже низкотехнологичные комплексы несут серьезные финансовые потери [7]. Но сегодня выгоднее принять необходимые меры, которые обойдутся дешевле и варьируются от просто хорошей практики и методов проектирования до установки широко распространенного вспомогательного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Добрусин, Л.А. Фильтрокомпенсирующие устройства для преобразовательной техники / Л.А. Добрусин. -М.: НТФ «Энергопрогресс», 2003. -84 с.  
 2 ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. -Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 1999-01-01. -М.: Изд-во стандартов, 1999. -52 с.  
 3 Горелов, В.П. Электроснабжение транспортных объектов: учеб. пособие: в 2 кн. Кн. 1. Водный транспорт с комбинированными электроисточниками / В.П. Горелов, С.В. Горелов [и др.]; под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2012. -299 с.  
 4 Куско, А. Качество энергии в электрических сетях / А. Куско, М. Томпсон. -М.: Додэка Электротехника, 2008. -336 с.  
 5 Солодухо, Я.Ю. Тенденции компенсации реактивной мощности. Ч.1. Реактивная мощность при несинусоидальных режимах работы / Я.Ю. Солодухо. -М.: Информэлектро, 1987. -50 с.  
 6 Мощиц, Г. Проектирование активных фильтров: [пер. с англ.] / Г. Мощиц, П. Хорн. -М.: Мир, 1984. -320 с.  
 7 Чэпмэн, Д. Цена низкого качества электроэнергии / Д. Чэпмэн. -М.: Энергосбережение, 2004. -69 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *нелинейные потребители, качество электрической энергии, электроэнергетические системы, электрические сети, фильтрокомпенсирующие устройства, показатели качества*  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Горелов Сергей Валерьевич, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Морев Константин Николаевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Никулин Владимир Игоревич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Игнатенко Евгений Сергеевич, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ (0,4-2) кВ ГЛУБИННОЙ СКВАЖИНЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Нижневартровский филиал ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет»  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.С. Давыдов, Ю.М. Денчик, Е.В. Иванова, В.Г. Сальников, Н.А. Ковалёва**

EXPERIMENTAL STUDY OF HARMONIC INFLUENCE ON THE ELECTRIC NETWORK (0.4-2) kV FROM DEEP WELLS OIL  
Siberian state university of water transport  
Nizhnevartovsk branch Omsk state technical university  
M.S. Davydov, Ju.M. Denchik, E.V. Ivanova, V.G. Sal'nikov, N.A. Kovalyeva

This article presents the results of an experimental study of low-frequency electromagnetic conductive losses in the power supply system of deep wells with mechanized method of oil production. Were drawn conclusions.

*Keywords: electrical network, conductive low-frequency electromagnetic loss, harmonics, harmonic effects, electromagnetic environment*

Приведены результаты экспериментального исследования кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех в системе электроснабжения глубинной скважины с механизированным способом добычи нефти. Сделаны выводы.

Электромагнитная обстановка (ЭМО) в системе электроснабжения глубинных скважин добычи нефти обуславливается полем событий, сформированным воздействием нелинейной нагрузки. Нестандартные значения коэффициентов  $n$ -ых гармонических составляющих напряжения ( $K_{U(n)}$ ) и суммарного коэффициента высших гармоник ( $K_U$ ), измеренные сертифицированными системами (приборами) за расчётный период наблюдения формируют кондуктивные низкочастотные ЭМП по суммарному коэффициенту гармонических составляющих напряжения ( $\delta K_U$ , %) и по коэффициентам  $n$ -ых гармонических составляющих напряжения ( $\delta K_{U(n)}$ , %).

Математическая модель поля событий представляется функциями

$$\left. \begin{aligned} \delta K_{U(2)} &= \psi_2 (K_{U(2)1}, K_{U(2)2}, \dots, K_{U(2)i}, \dots, K_{U(2)n}) \\ \delta K_{U(i)} &= \psi_i (K_{U(i)1}, K_{U(i)2}, \dots, K_{U(i)i}, \dots, K_{U(i)n}) \\ \delta K_{U(n)} &= \psi_n (K_{U(n)1}, K_{U(n)2}, \dots, K_{U(n)i}, \dots, K_{U(n)n}) \\ \delta K_U &= \phi(\delta K_{U(n)}, \dots, \delta K_{U(i)}, \dots, \delta K_{U(2)}) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

которые формируются при условиях:

– в течение свыше 5% времени периода наблюдения

$$\left. \begin{aligned} K_{U,n} &< K_{U,i} < K_{U,n} \\ K_{U,n} &< K_{U(n)i} < K_{U,n} \end{aligned} \right\};$$

– в течение свыше 0% времени периода наблюдения

$$\left. \begin{aligned} K_{U,i} &< K_{U,n} \\ K_{U(n),i} &< K_{U(n),n} \end{aligned} \right\},$$

где  $K_{U,n}$ ,  $K_{U(n),n}$  – соответственно нормально и предельно допустимое значения (ГОСТ 32144-2013) суммарного коэффициента высших гармонических составляющих напряжения, %;

$K_{U(n),n}$ ,  $K_{U(n),i}$  – соответственно нормально и предельно допустимое значение коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, %.

Основной задачей исследования является определение функций (1), на основании которых можно привлечь соответствующий метод для подавления кондуктивных низкочастотных ЭМП, вызванных несинусоидальностью напряжения. Исследование осуществлялось по плану в электрической сети 0,4-2 кВ действующей скважины (рисунок 1). Применялся анали-

затор серии АКЭ-823, который разработан на основе Windows CE в соответствии с директивой Международной электротехнической комиссии (МЭК 61010). Анализатор позволяет осуществлять автоматизированный анализ показателей качества электроэнергии на соответствие их требованиям ГОСТ 32144-2013 (рисунок 2).

В качестве критерия оптимальности плана эксперимента, учитывающий особенности задачи исследования, выбран критерий задачи А-оптимальности, требующий минимума средней дисперсии (рассеивания) исследуемой величины. Использовался натурный эксперимент по схеме пассивного эксперимента, так как измерения велись в действующей сети 0,4-2 кВ.

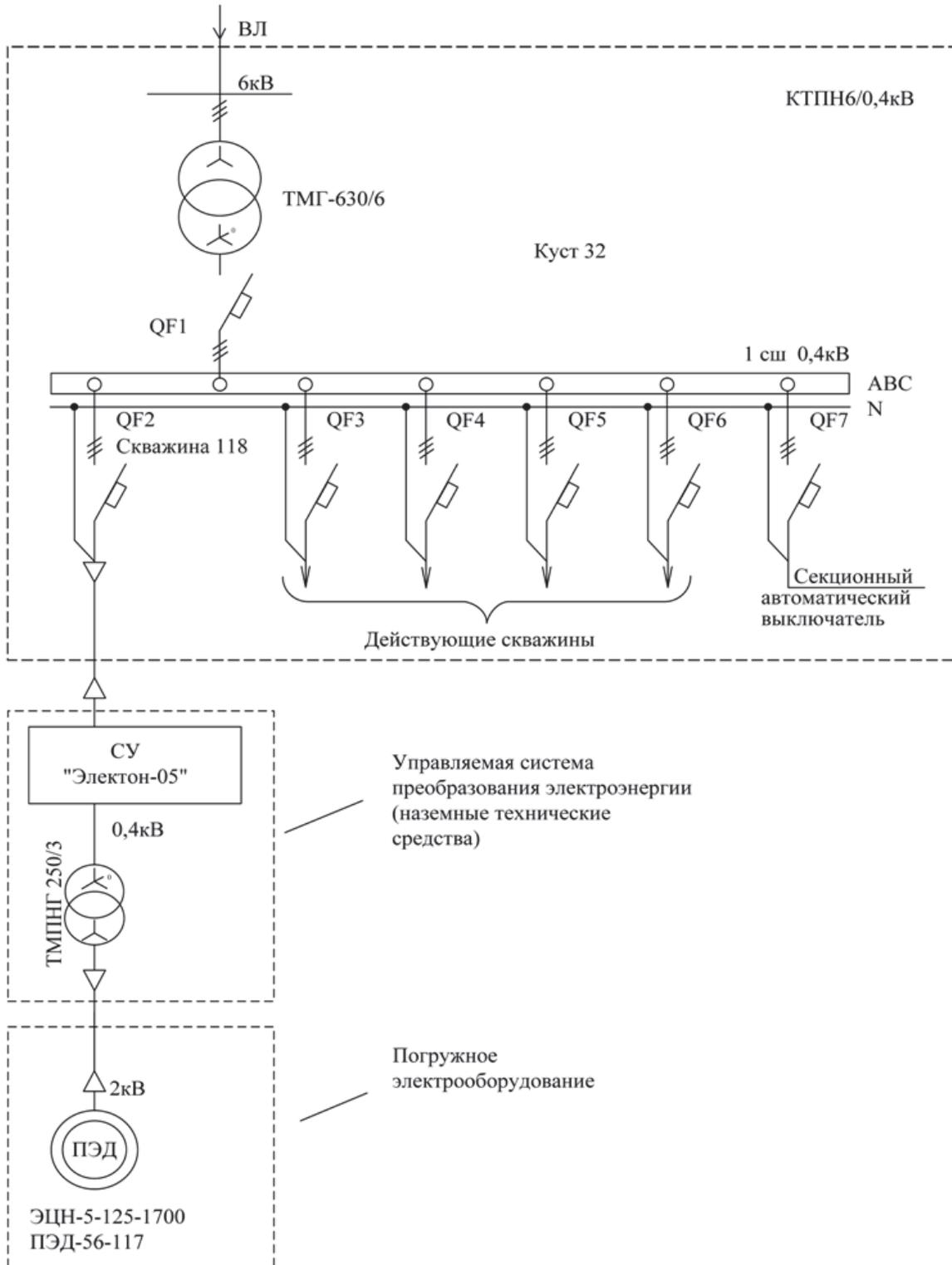


Рисунок 1 – Схема электроснабжения исследуемой скважины

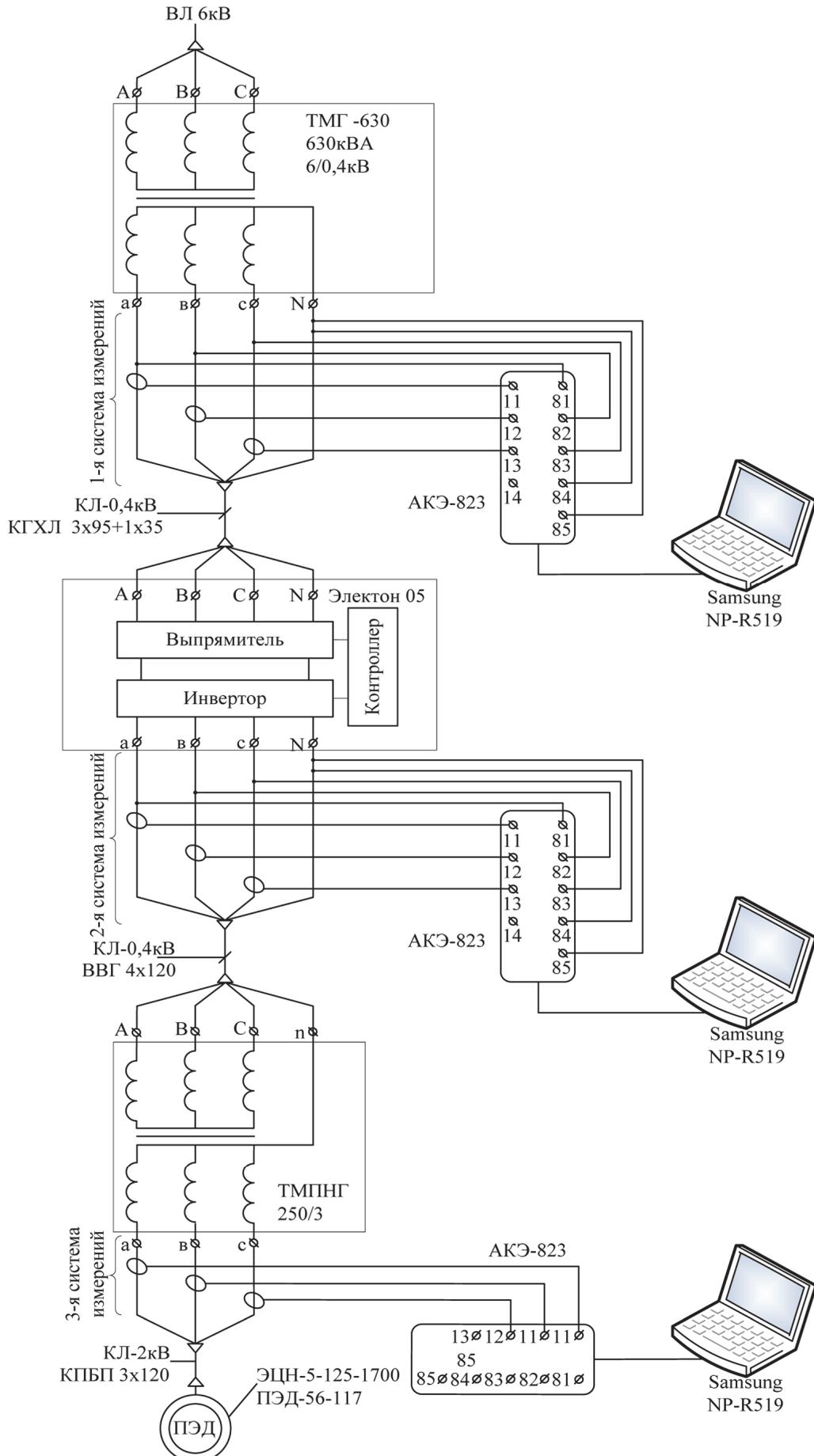


Рисунок 2 – Электрическая схема подключения систем измерения и осциллографирования параметров электромагнитной обстановки в сети 0,4-2 кВ глубокой скважины

Достаточность прямых измерений величин  $K_{U_i}$  и  $K_{U_{(n)i}}$  обоснована выбором показателя точности измерений (вероятной ошибкой измерения  $\Phi$ ) и результатами предварительного измерения в течение 7 суток. Использовалось математическое выражение для определения числа измерений

$$n = 3,84\gamma^2/\Delta^2, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – допустимый предел отклонения измеряемых величин  $K_U$  и  $K_{U_{(n)}}$ ,  $\Delta = \pm 2\%$ ;

$\gamma$  – коэффициент вариации, показывающий в каком диапазоне (выраженном в процентах) меняется измеряемая величина,  $\gamma = \pm 1\%$ .

Результаты измерений являются точечными параметрами событий, которые можно представить как логическое завершение сведений, полученных от современного комплекса АКЭ-823. Поэтому предельная ошибка эксперимента представляется предельной относительной ошибкой системы измерений, которая с вероятностью 0,95 не превышала 3%.

Анализ осциллограмм трёхфазных токов и напряжений (1-ая система измерений, рисунок 2) на входе 0,4 кВ станции управления (рисунок 3) показывает широкий спектр гармоник (61 гармоника). Наиболее значимыми являются гармоники: 5, 7; 11, 13; 17, 19 и т.д. Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения в фазе В имеет наибольшее значение и составляет 3,85%. Среди коэффициентов  $n$ -ых гармоник наибольшее значение имеет 5-ая гармоника ( $K_{U(5)} = 2,5\%$ ). Также установлено, что коэффициенты  $n$ -ых гармоник напряжения на порядок меньше подобных коэффициентов тока.

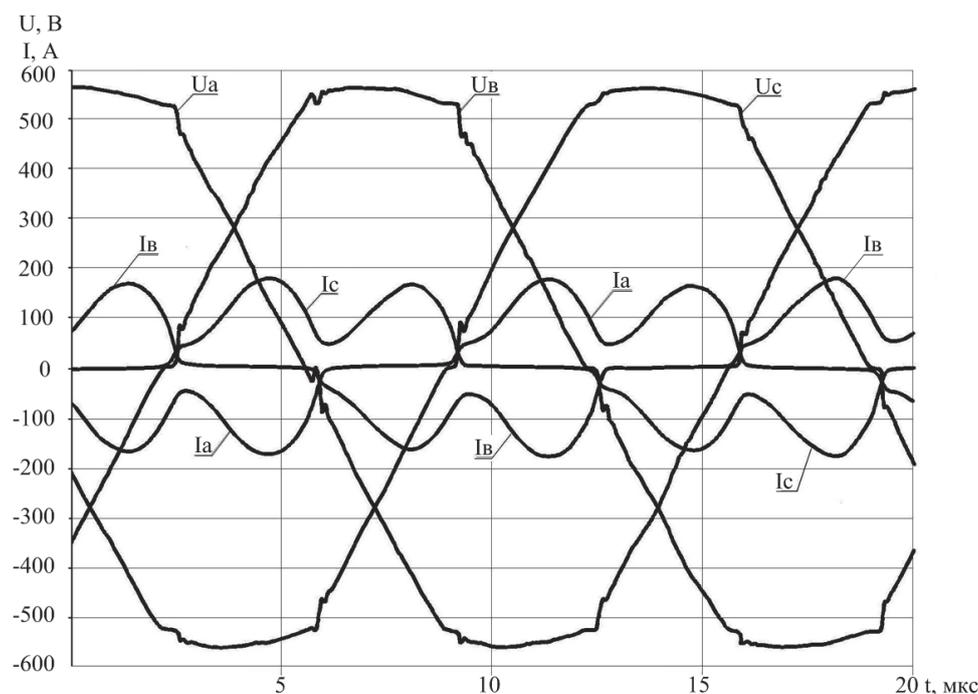


Рисунок 3 – Осциллограммы трёхфазных токов и напряжений в сети 0,4 кВ на входе станции управления «Электрон-05» (1-ая система измерений)

Осциллограммы трёхфазных токов и напряжений (2-ая система измерений) на входе 0,4 кВ промышленного трансформатора типа ТМПНГ 250/3 приведены на рисунке 4, а результат анализа высших гармоник на рисунке 5. Видно, что высшие гармонические составляющие напряжения значительно превышают подобные гармоники тока.

Суммарный коэффициент гармоник тока в сети 2 кВ (3-я система измерений) составляет в фазе А около 6,06%, В – 6,13%, С – 6,15%. Искажения синусоидальной формы кривых токов в фазах значительные. Однако, они не нормируются [2].

Наибольшему гармоническому воздействию подвергается участок сети 0,4-2 кВ, включающий промышленный трансформатор, погружной электродвигатель и кабельную линию (рисунок 2). Математическая обработка результатов 2-ой системы измерений позволила разработать математические модели кондуктивных низкочастотных ЭМП по суммарному коэффициенту высших гармонических составляющих напряжений  $K_U$  и по коэффициентам 4-

ой ( $\delta K_{U(4)}$ ) и 11-ой ( $\delta K_{U(11)}$ ) гармоник напряжения, как наиболее значимых. Эти математические модели и результаты расчётов параметров помех приведены в таблице.

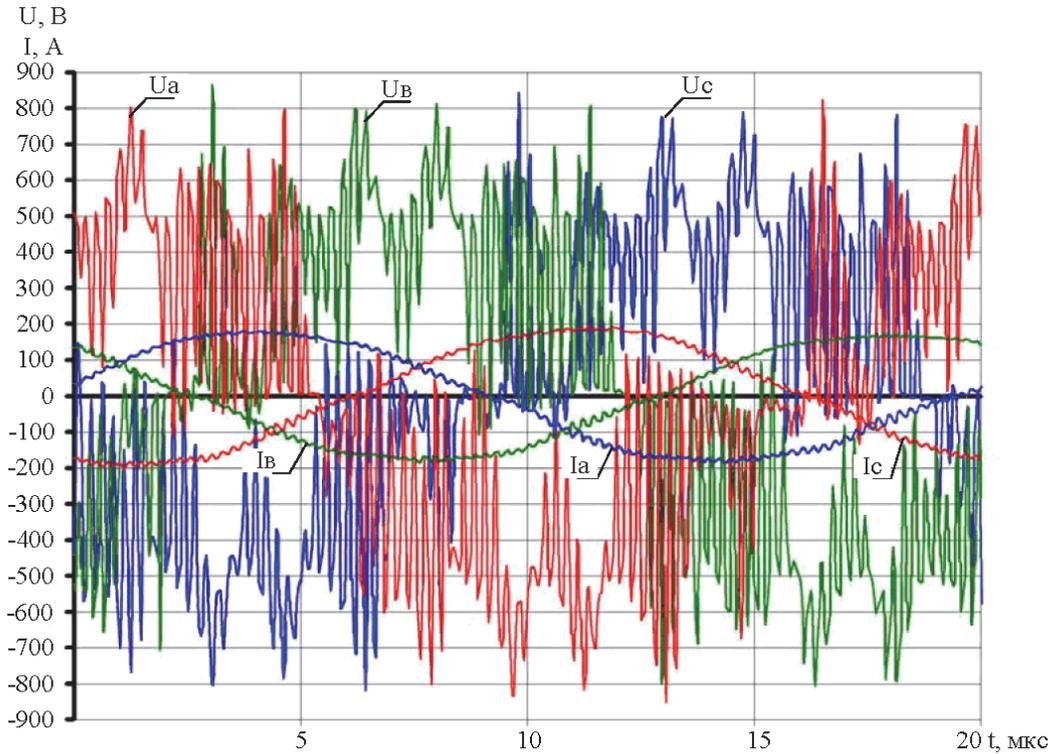


Рисунок 4 – Осциллограммы трёхфазных токов и напряжения в сети 0,4 кВ на выходе из станции управления «Электрон-05» (2-ая система измерений)

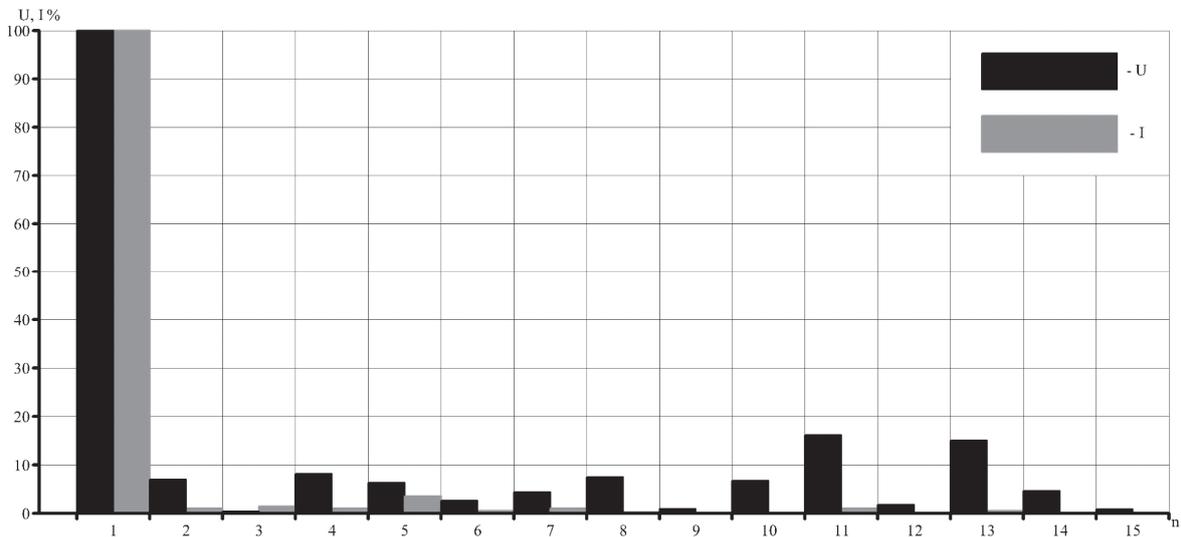


Рисунок 5 – Гармонический состав тока и напряжения фазы А сети 0,4 кВ на выходе из станции управления «Электрон-05» (2-ая система измерений)

Вероятность появления ( $0,94$ )  $\delta K_U$  на участке сети 0,4 кВ превышает допустимую вероятность ( $0,05$ ) превышения коэффициентом  $\delta K_U$  нормально допустимого значения ( $8\%$ ) в  $18,8$  раз. При этом отметим, что требование критерия А-оптимальности к эксперименту выполняется, так как  $M[K_U] > \delta K_U$  в  $140$  раз. Вероятности появления  $K_{U(4)}$  и  $K_{U(11)}$  превышают допустимую вероятность превышения ( $0,05$ ) коэффициентами  $K_{U(4)}$  и  $K_{U(11)}$  своих нормально допустимых значений ( $1\%$ ,  $3,5\%$ ) в  $19$  раз. На рисунке 6 приведены графики плотностей вероятностей распределений кондуктивных низкочастотных ЭМП  $\delta K_U$ ,  $\delta K_{U(4)}$  и  $\delta K_{U(11)}$ .

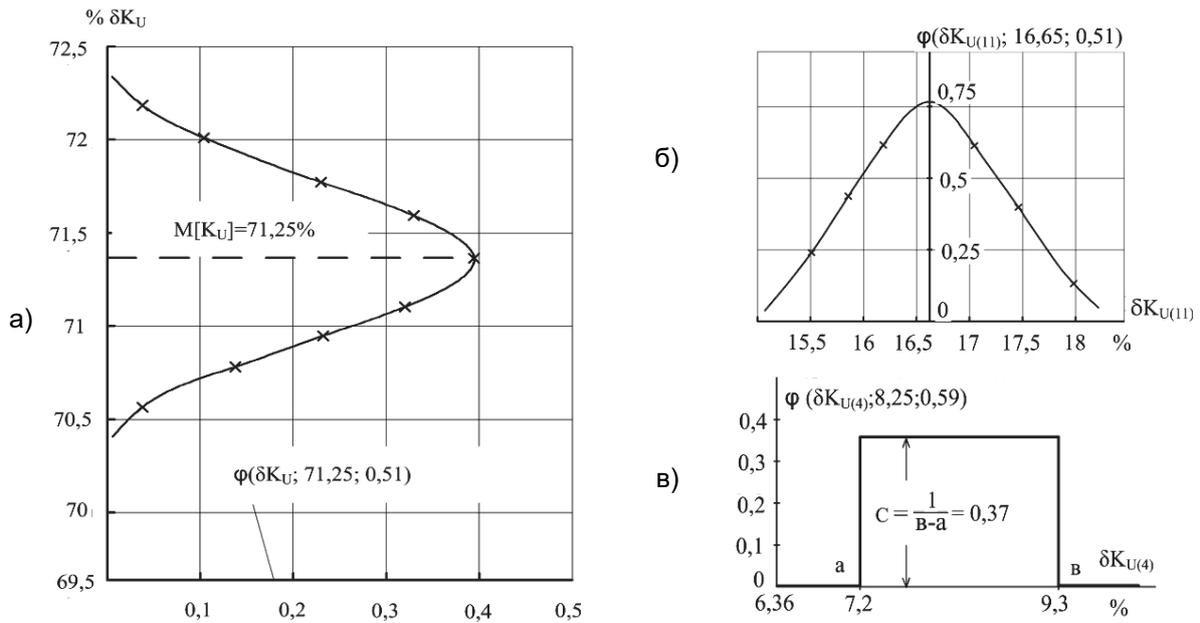


Рисунок 6 – Графики плотностей вероятностей распределений кондуктивных низкочастотных ЭМП: а)-  $\delta K_U$ ; б)-  $\delta K_{U(11)}$ ; в)-  $\delta K_{U(4)}$

Таблица – Параметры кондуктивных низкочастотных ЭМП, обусловленных несинусоидальностью напряжения

Обозначение помехи	Закон распределения случайных величин	Параметры распределения, %	
$\delta K_U$	Нормальный	$M[K_U] = 71,25$ $\delta [K_U] = 0,25$	Плотность вероятности распределения, 1/% $f(\delta K_U; 71,25; 0,51) = 0,8 \exp \left[ -\frac{(\delta K_U - 71,25)^2}{0,52} \right]$
			Вероятность появления кондуктивной низкочастотной ЭМП, о.е. $\int_8^{72,5} \exp \left[ -\frac{(\delta K_U - 71,25)^2}{0,52} \right] d(\delta K_U) - 0,05 \approx 0,94$
$\delta K_{U(11)}$	Нормальный	$M[K_{U(11)}] = 16,65$ $\delta [K_{U(11)}] = 0,51$	Плотность вероятности распределения, 1/% $f(\delta K_{U(11)}; 16,65; 0,51) = 0,78 \exp \left[ -\frac{(\delta K_{U(11)} - 16,65)^2}{1,22} \right]$
			Вероятность появления кондуктивной низкочастотной ЭМП, о.е. $\int_{3,5}^{18} \exp \left[ -\frac{(\delta K_{U(11)} - 16,65)^2}{1,22} \right] d(\delta K_{U(11)}) - 0,05 \approx 0,95$
$\delta K_{U(4)}$	Равномерное распределение	$M[K_{U(4)}] = 8,25$ $\delta [K_{U(4)}] = 0,59$	Плотность вероятности распределения, 1/% $f(\delta K_{U(4)}; 8,25; 0,59) = 0,37$ при $7,2 \leq \delta K_{U(4)} \leq 9,3$ ; $f(\delta K_{U(4)}; 8,25; 0,59) = 0$ при $\delta K_{U(4)} < 7,2$ и $\delta K_{U(4)} > 9,3$
			Вероятность появления кондуктивной низкочастотной ЭМП, о.е. $1 - 0,05 = 0,95$

Таким образом, обнаруженные и представленные кондуктивные низкочастотные ЭМП  $\delta K_U$ ,  $\delta K_{U(4)}$  и  $\delta K_{U(11)}$  являются локальными параметрами электромагнитной обстановки в электрической сети питания глубинной скважины, характеризуют степень нарушения уровней ЭМС электрооборудования. Вследствие этого возникла потребность в разработке эффективной системы подавления высших гармонических составляющих напряжения в системах электроснабжения нефтегазодобывающих скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Данилов, Г.А. Повышение качества функционирования линий электропередачи / Г.А. Данилов, Ю.М. Денчик, М.Н. Иванов, Г.В. Ситников; под ред. В.П. Горелова и В.Г. Сальникова. –Новосибирск: Изд. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2013. -559 с.

2 Горелов, С.В. Системы электроснабжения транспорта и предприятий: учебник / С.В. Горелов, В.П. Горелов, Е.В. Иванова; под ред. В.П. Горелова и В.Г. Сальникова. -Новосибирск: Изд. Сиб. гос. унив. водн. трансп., 2015. -526 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *электрическая сеть, кондуктивные низкочастотные электромагнитные потери, гармоники, гармоническое воздействие, электромагнитная обстановка*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Давыдов Михаил Сергеевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Денчик Юлия Михайловна, канд. техн. наук, докторант ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Иванова Елена Васильевна, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Сальников Василий Герасимович, докт. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Ковалёва Наталья Александровна, преподаватель Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
628600, Тюменская область, (ХМАО-Югра), г.Нижневартовск, Западный промышленный узел, Панель 14, ул.Индустриальная, 46, Нижневартковский филиал ФГБОУ ВПО «ОмГТУ»*

## **АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ЗАТРАТ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**А.В. Мукасеев, Е.А. Григорьев**

### **ANALYSIS OF BUSINESS PROCESSES IN THE ENTERPRISE WITH THE AIM OF IMPROVING THE PROCESS OF COST CONTROL**

Siberian state university of water transport  
A.V. Mukaseev, E.A. Grigoriev

Improving the process of cost control on the basis of the business process, improve management level and efficiency of the organization.

*Keywords: business process, cost control, cost reduction*

Совершенствование процесса контроля затрат на основе бизнес-процесса позволяет повысить уровень управления и эффективность деятельности организации.

С позиции теории систем любое образование представляет собой организационную систему по преобразованию ресурсов с целью получения на выходе продукции (услуги) для конечного потребителя. Для живых систем процессы трансформации входов в выход заключаются в изменении структуры входов путем трансформации в выходы [5]. Таким образом в процессе трансформации возникают затраты на ресурсы, подлежащие контролю.

Развитие экономических структур в России определяют новые требования к теории и методологии контроля затрат, ориентируя их на бизнес-процессы. Под бизнес-процессами понимается комплекс определенных, поддающихся измерению действий, выполняемых людьми, использующих ресурсы и управляемых владельцами, в целях обеспечения способности по определенной технологии преобразовывать входящие элементы (входы) в выходящие (выходы) для достижения определенного измеримого результата, который представляет ценность для внешних и внутренних потребителей.

Описание бизнес-процессов в организации может производиться несколькими способами. Основными являются: текстовый, графический и табличный. Текстовое описание бизнес-процесса заключается в его регламентации, логическом изложении алгоритма и взаимодействии всех составляющих элементов. Описание бизнес-процесса в виде таблицы упрощает его визуальное восприятие, позволяет расписать элементы процесса и дать краткую характеристику каждому. Графическое описание обладает наибольшей эффективностью при решении задач по описанию, анализу и оптимизации деятельности компании.

Важным этапом является моделирование бизнес-процессов. Цель моделирования – систематизация знаний о компании и бизнес-процессах в наглядной графической форме, более удобной для аналитической обработки полученной информации. Модель должна отражать иерархическую структуру бизнес-процессов организации, детали их выполнения и последовательность документооборота [1].

С целью контроля затрат рекомендуется внимательно проанализировать его составляющие и затраты, связанные с каждой составляющей, как показано на рисунке.

Благодаря наглядности описания модель имеющегося процесса дает возможность эффективного анализа процесса достижения поставленной цели. В качестве анализируемых факторов также могут выступать логистика процесса контроля затрат, его продолжительность, стоимость и другие, от которых может зависеть эффективность выполнения. Данные анализа позволяют изменять процесс контроля затрат, постоянно повышая его качество [4].

Под процессом контроля затрат понимается деятельность субъектов контроля, направленную на гарантирование достижения наиболее эффективным способом поставленных целей управления затратами путем реализации определенных задач контроля и применения соответствующих принципов, типов, методов и техники контроля. С учетом современных подходов в процессе контроля затрат можно выделить три стадии:

- разработку стандартов норм и нормативов на затраты;
- оценку фактических результатов, сопоставление фактических результатов со стандартами и выявление отклонений;
- разработку и осуществление корректирующих мер по устранению негативных откло-

нений или закреплению позитивных [3].

В организационном аспекте ведущими целями службы контроля затрат выступают обнаружение отклонений фактических затрат от плановых, возникающих в ходе деятельности организации, а значит, это поможет определить резервы их снижения, а субъекту управления – принять решения по мобилизации резервов. А также нарушений регламентов и правил и выявление нарушивших режим, в то же время цель эффективной системы контроля затрат - распознавать и адекватно реагировать на риски.

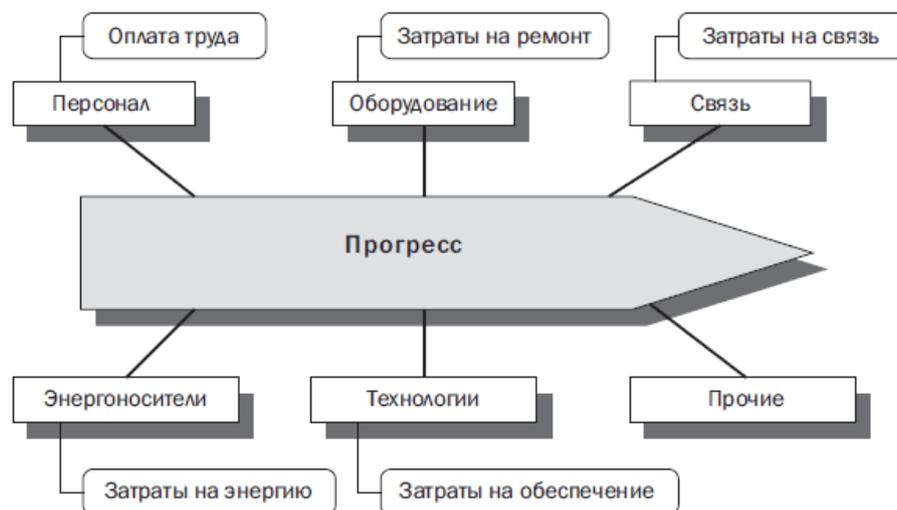


Рисунок – Анализ затрат бизнес-процесса

Совершенствование процесса контроля затрат на основе бизнес-процесса, приведение ее в соответствие с характером и масштабом осуществляемых операций позволяют повысить уровень управления и эффективность деятельности организации. Таким образом, функционирование системы контроля затрат на основе процессного подхода снижает риски потерь активов, способствует сокращению издержек, повышению рентабельности и конкурентоспособности предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абдулаева, И.И. Модель процессно-ориентированного внутреннего контроля // -Вопросы экономики и права. -2012. - №7.
- 2 Венделева, М.А. Информационные технологии управления / М.А. Венделева, Ю.В. Вертакова. -М.: Издательство Юрайт, 2011. -462 с.
- 3 Голиков, А.А. Сущность процесса контроля затрат в современных условиях // А.А. Голиков, Т.С. Рябова / -Вест. Челябин. ун-та. -2004. -Сер.8. -Вып.1.
- 4 Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. -М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. -544 с.
- 5 Шеметов, П.В. Теория организации / П.В. Шеметов, С.В. Петухова. -М.: Изд. «Омега-Л», 2012. -274 с.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бизнес-процесс, контроль затрат, сокращение издержек  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Мукасеев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
 Григорьев Евгений Алексеевич, канд. экон. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

<b>Масленников С.Н.</b> ВКЛАД КАФЕДРЫ ЭКОНОМИКИ ТРАНСПОРТА И ФИНАНСОВ СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ .....	3
--	---

<b>Некрасов Н.А., Сахнов Д.Ю.</b> КОНКУРЕНТНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЫПУСКНИКА СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА РЫНКЕ ТРУДА.....	5
---	---

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

<b>Масленникова Е.А., Масленников С.Н.</b> УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ УЧЕТ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	8
---	---

<b>Путилова Н.Н., Сунина М.Г., Масленников С.Н.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫХ АСПЕКТОВ КОНТРАКТНОЙ СИСТЕМЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	11
--	----

<b>Баранова Н.В.</b> УНИФИКАЦИЯ ДОКУМЕНТОВ В УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ .....	16
---	----

<b>Дарьёшина А.П.</b> ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	19
---	----

<b>Масленников С.Н.</b> ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА БАЗЕ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ СИБИРИ .....	21
---	----

<b>Кудряшова Т.В., Масленников С.Н.</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕЧНЫХ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В РАЙОНАХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ .....	23
---	----

<b>Кудряшова Т.В.</b> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ СПРОСА НА ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ НАСЕЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЙОНОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ .....	26
---	----

<b>Кудряшова Т.В.</b> АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЙОНОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ .....	29
--	----

<b>Ломаная А.Е.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНКУРЕНЦИЯ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ .....	31
---	----

<b>Виниченко В.А.</b> СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИКИ .....	33
---	----

<b>Ятчук К.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДОВ НА ТОПЛИВО .....	36
---	----

<b>Бабаев А.В.</b> НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ СИБИРИ .....	40
---	----

<b>Семенова Р.А.</b> РОЛЬ КЛЮЧЕВОЙ СТАВКИ БАНКА РОССИИ В РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕМПОВ ИНФЛЯЦИИ .....	43
---	----

<b>Бунеев В.М., Сеницын М.Г.</b> МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОЗА ГРУЗОВ НА БОКОВЫЕ РЕКИ И ПРИТОКИ .....	46
---	----

<b>Северова М.О., Сурикова Е.А., Ромашева М.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И АНАЛИЗЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА .....	50
--	----

<b>Гусева Ю.В.</b> АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ФЛОТА.....	53
---	----

### ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Бик Ю.И., Дегтярева В.В.</b> ИНДЕКС БЕЗОПАСНОСТИ КАК МЕРА НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	57
---	----

<b>Фомичева Н.Н., Тушина А.С.</b> УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ РЕЧНОГО СТОКА (НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА АМУРА И СРЕДНЕЙ ОБИ).....	59
---	----

<b>Шамова В.В., Мерзляков Д.А.</b> ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В НИЖНИХ БЬЕФАХ .....	63
---	----

### СУДОВОЖДЕНИЕ

<b>Бимбереков П.А.</b> ПОСТРОЕНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ГРЕБНЫХ КОЛЁС СИСТЕМЫ МОРГАНА .....	67
--	----

<b>Бабич С.И.</b> ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОРАБОТКА СЕКСТАНА С ПОВОРОТНЫМ БОЛЬШИМ ЗЕРКАЛОМ .....	71
---	----

<b>Бабич С.И., Дьячков Л.В., Солюянов Е.В.</b> ИЗМЕРЕНИЯ ПОПРАВОК ВЫСОТ СЕКСТАНА С ПОВОРОТНЫМ БОЛЬШИМ ЗЕРКАЛОМ .....	74
---	----

<b>Бабич С.И.</b> ВЫГОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ СВЕТИЛ ПО ИХ РАЗНОСТЯМ ВЫСОТ И АЗИМУТОВ .....	79
--	----

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

<b>Ельчанинов Т.А., Ельчанинов Д.А., Пахомова Л.В., Шарутина В.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	81
<b>Бойко С.П.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ САМОРЕГЕНЕРИРУЮЩИХСЯ ОЧИСТИТЕЛЕЙ, ОСНАЩЕННЫХ ТКАНЫМИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ .....	82
<b>Кучеров В.Н., Флорианская М.В.</b> ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА ZL И ZV ФИРМЫ «ЗУЛЬЦЕР» .....	88
<b>Кича П.П., Семенюк Л.А.</b> АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МАСЛООЧИСТИТЕЛЕЙ И ВКЛЮЧЕНИЕ ИХ В СИСТЕМУ СМАЗКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ.....	93
<b>Тарасов В.В.</b> ОБОСНОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ И ПОВТОРНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	99
<b>Кича Г.П., Тарасов В.В., Деревцов Е.М.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ.....	108
<b>Бурков С.Н.</b> ПРОБЛЕМЫ СУДОВОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ .....	117
<b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА</b>	
<b>Шпиганович А.Н., Квашнина Г.В.</b> НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ.....	119
<b>Мусин А.Х., Зарубин А.А.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «РУЛЕТКИ» ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ .....	122
<b>Горелов В.П., Федоров В.К., Федоров И.В., Рысев П.В., Горелов В.С.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНТРОПИЙНОГО ОПТОВОГО РЫНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ .....	126
<b>Сальников В.Г., Спирев С.М., Иванов М.Н., Смыков Ю.Н., Кислицин Е.Ю., Шемшурин А.А., Казанцев Д.Д., Ковалева Н.А., Рыжаков В.В.</b> ВИБРАЦИОННЫЙ АСПЕКТ ГАРМОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ .....	129
<b>Горелов С.В., Игнатенко Е.С., Морев К.Н., Никулин В.И.</b> ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОТКАЗОВ ТАНТАЛОВЫХ ЧИП-КОНДЕНСАТОРОВ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	135
<b>Иванова Е.В., Иванов Д.М., Ковалева Н.А., Ковалев А.Ю., Сальников В.Г., Рыковский Н.А., Спирев С.М.</b> ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОСЛЕАВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ СЕВЕРНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СВЕТЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID.....	138
<b>Горелов В.П., Морев К.Н.</b> ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ .....	144
<b>Иванова Е.В., Сальников В.Г., Денчик Ю.М., Рыковский Н.А., Кислицин Е.Ю., Некрасов А.В., Иванилов Ю.Л., Рыжаков В.В., Антипин Д.П.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ КАК ОДНО ИЗ УСЛОВИЙ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ .....	147
<b>Горелов С.В., Морев К.Н., Никулин В.И., Игнатенко Е.С.</b> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ .....	151
<b>Давыдов М.С., Денчик Ю.М., Иванова Е.В., Сальников В.Г., Ковалёва Н.А.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ (0,4-2) кВ ГЛУБИННОЙ СКВАЖИНЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ.....	154
<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА</b>	
<b>Мукасеев А.В., Григорьев Е.А.</b> АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ЗАТРАТ .....	161



**К 75-летию ГОРЕЛОВА  
Валерия Павловича**

Горелов Валерий Павлович родился 31 октября 1941 года в г. Славгороде Алтайского края. После окончания физико-технического факультета Томского политехнического института работал на судостроительном заводе «Красное Сормово», где проявил себя как грамотный специалист при отладке автоматизированных систем водо-водяных ядерных реакторов подводных лодок второго поколения проекта 670 «Скат». Участвовал в исследованиях металлических сплавов для подводных крыльев и прочных корпусов морских и речных судов в лаборатории физики металлов Горьковского исследовательского физико-технического института. Дальнейшее повышение квалификации в области материаловедения, техники высоких напряжений и электрофизики получил в лаборатории электротехнических бетонов Сибирского научно-исследовательского института энергетики, где были оформлены первые авторские свидетельства и патенты на изобретения. Горелов В.П. автор 490 научных работ. Из них 6 учебных пособий с грифом Министерств, 44 монографий и учебников, 69 авторских свидетельств на изобретения и патентов СССР, Англии, Франции, Германии, Канады, США, Италии, Казахстана и Российской Федерации. Результаты исследований внедрены до 2000 года более чем на 70 электрических станциях и подстанциях. Мощные резисторы из электропроводного бетона нашли применение в энергетике, различных видах транспорта, сельском хозяйстве и в быту. Опытно-промышленное производство композитных изделий

освоено в ОПТП «Энерготехпром» и ООО «Бэл» (г. Москва), в СибНИИЭнергетики, в ООО «Болид», в воинской части №32535 (г. Новосибирск).

Новаторское решение большого комплекса теоретико-практических задач связано с именем В.П. Горелова. Он впервые показал, что направленное регулирование электрической проводимости сложных гетерогенных систем возможно с помощью технологических способов, изменением концентрации и типа специальных проводящих и изоляционных ингредиентов. С 1989 по 1995 год В.П. Горелов публикует в 4-х монографиях результаты исследований и области применения научных разработок. Им предложены резистивные материалы и способы производства мощных композиционных резисторов и электронагревателей.

Начиная с 2010 года в 90 научных трудах Гореловым В.П. изложены результаты исследований новых композиционных изделий, что расширило область их применения в агропромышленном комплексе, электросетевом, промышленном и гражданском строительстве.

Горелов В.П. с 1983 года является научным руководителем госбюджетной научно-исследовательской работы на кафедре «Электроэнергетические системы и электротехника» и постоянной международной конференции в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта». Горелов В.П. является одним из основателей журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока» и назначен заместителем главного редактора.

В организованной В.П. Гореловым научной школе принимают участие более 20 докторов и кандидатов технических наук. Под их руководством соискателями учёных степеней подготовлено и защищено более 40 диссертаций, в том числе под научным руководством Горелова В.П. защищено 6 докторских и 10 кандидатских диссертаций.

Профессор В.П. Горелов более 10 лет является председателем диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций в ФГБОУ ВО «СГУВТ». Будучи действительным членом Российской академии транспорта, Международной экоэнергетической академии и Российской академии естественных наук В.П. Горелов активно участвует в их работе. Продолжает совместные исследования с учёными Казахстана, Азербайджана и Украины. Свою активную научную работу В.П. Горелов сочетает с научно-педагогической и административной деятельностью. В течение 33 лет заведовал кафедрой «Электроэнергетические системы и электротехника», где в настоящее время работает в должности профессора. С 2016 года является руководителем Отделения Научно-экспертного совета при рабочей группе Совета Федерации по мониторингу реализации законодательства в области энергетики, энергосбережения и повышения энергетической эффективности по Сибирскому Федеральному Округу.

Горелов В.П. имеет почётные звания «Заслуженный изобретатель РФ» (1998 г.) и «Заслуженный деятель науки РФ» (2010 г.).

Награждён серебряной медалью ВДНХ СССР, 1984; орденом РАЕН «За пользу отечеству» им. В.Н. Татищева, 2005; орденом РАЕН «Рыцарь Науки и искусства, 2005; почётной грамотой Губернатора Новосибирской области, 2011.

Коллеги по работе и деятели в общественных и научных организациях поздравляют Валерия Павловича с юбилеем и желают ему здоровья, удачи и дальнейших творческих успехов в развитии энергетики страны и решении проблем флота!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока» присоединяется к этим поздравлениям и надеется на продолжение нашего плодотворного сотрудничества.

*Редакционная коллегия*

## 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 и статью) просим высылать ответственному секретарю журнала Коновалову В.В. по электронной почте: [konovalov@nsawt.ru](mailto:konovalov@nsawt.ru). Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Коновалова В.В.

#### Заявка на публикацию научной статьи

	на русском языке	на английском языке
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (от 3 до 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес для каждого из авторов)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, числовой идентификационный номер автора: Author ID в системе РИНЦ)		
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		X

\*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, о рецензировании статьи компетентным по тематике статьи лицом не возражаю.

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 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.
- 4 Ширина таблиц не более 15 см.
- 5 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (Mathtype и др.), шрифт Arial.
- 6 Обязательные ссылки на список литературы 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 по электронной почте: [konovalov@nsawt.ru](mailto:konovalov@nsawt.ru). Почтовый адрес: 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  
№3-4 за 2016 год

Главный редактор – Зачёсов В.П.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.

Подписано в печать 23.12.2016 г. с оригинал-макета  
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.  
Усл. печ. л. 17,2; тираж 500 экз. Заказ №155  
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