

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

И.К. Кузьмичев

ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

Рассматривается общая схема непрерывного планирования транспортного процесса на базе экономико-математического моделирования работы транспортного предприятия.

1 Постановка задачи непрерывного планирования транспортного процесса судоходной компании. Вопросы разработки и внедрения оптимизационных задач в практику управления работой флота в рамках автоматизированных систем управления (АСУ) в 80-90-х годах находились под пристальным вниманием ученых и практиков. Однако в последующий период интерес к такого рода задачам значительно снизился.

В современных условиях, когда водному транспорту предоставляется шанс достаточно высоких темпов развития перевозок (в соответствии с ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 гг.)», утвержденной Постановлением Правительства РФ №848 от 05.12.2001 г., внутреннему водному транспорту к 2010 г. намечено довести объем грузовых перевозок до 161,5 млрд. ткм в год, что почти в два раза больше того, что было перевезено в 2000 г.) вполне логичным является репозиционирование вопроса о разработке и внедрении оптимизационных задач в практику работы флота.

В современном информационном мире предприятия не могут эффективно функционировать, если не будут вкладывать средства в грамотно сконструированную электронную бизнес-модель, которая должна на регулярной основе управляться и постоянно совершенствоваться. В этом случае при возникновении каких-либо изменений на рынке они смогут быстрее оценить влияние этих изменений и, следовательно, быстрее принять правильные ответные меры. Поэтому именно внедрение оптимизационных задач на базе современной компьютерной техники и средств связи будет способствовать решению ряда ключевых вопросов повышения конкурентоспособности работы судоходных компаний (рисунок 1).

Как известно, можно выделить три основных уровня планирования, связанных с понятием горизонта планирования: перспективное, текущее и оперативное. Перспективное планирование, предполагающее принятие решений на ряд лет, чаще всего ассоциируют с о стратегическим, поскольку здесь определяются значения ключевых параметров деятельности предприятия: цели и задачи предприятия, приоритетные сферы деятельности (рынки), продукция, конкурентная позиция, доступные ресурсы, инновационная составляющая и т.п. Текущее планирование предполагает решение вопросов работы судоходных компаний на периоды год и квартал. Оперативный уровень включает в себя месячные (технические) и декадные планы.

По мнению И. Ансоффа стратегическое планирование обеспечивает создание экономического потенциала предприятия на будущее, а оперативное планирование должно обеспечивать прибыль в текущий момент времени [1]. Текущий план, являясь своего рода «перекидным мостом» между верхним и нижним уровнями планирования, должен включать решения, уточняющие исходя из реальных условий цели и стратегии развития предприятия с целью обеспечения прибыльности его работы.

В свое время считалось, что оптимизация должна начинаться с годового планирования. На внутреннем водном транспорте основным документом в части эксплуатационной деятельности являлся график движения флота. Он исходил из годовых заявок клиентуры и являлся главным документом, согласно которому государство выделяло необходимые средства на деятельность судоходных компаний (пароходств). При этом редко кого смущал тот факт, что в дальнейшем годовые заявки грузоотправителей подтверждались не более чем

на 50% (а в ряде случаев и менее).

Следует сказать, что в информационном отношении достоверность данных при оперативном планировании значительно выше, чем при текущем и перспективном. Поэтому в условиях рыночной неопределенности акцент принятия решений переместился в сторону оперативного планирования. Однако при оперативном планировании сложно, а чаще всего и невозможно подтвердить правильность принимаемых решений с позиции оптимальности за навигацию в целом. Главная задача на этом уровне – принять такое решение, которое было согласовано с ранее принятыми решениями, и обеспечить минимум негативных последствий в будущем. Но, как было уже сказано, там используются весьма недостоверные данные и, следовательно, эффективность плановых решений значительно снижается.



Рисунок 1 – Взаимосвязь внедрения оптимизационных задач с некоторыми вопросами, определяющими конкурентоспособность внутреннего водного транспорта

Из сказанного можно сделать вывод, что требуется изменение общего подхода к роли планов разного уровня. На наш взгляд необходимо наряду с перечисленными выше видами планирования ввести понятие непрерывного планирования. При этом речь идет не об изменении горизонта планирования, а сокращении цикла планирования. Рассматривая акцию планирования либо лишь раз в год, либо каждый день, можно получить две крайние позиции, о недостатках которых сказано выше. Необходимо корректировать план и бюджет организации в ответ на изменения внешних условий (появление новых конкурирующих продуктов, перспективных партнеров, изменения в области цен, в законодательстве и т. п.). При этом периодичность проведения расчетов может быть либо фиксированной, как это делается в ряде маркетинговоориентированных фирм, где каждые десять дней разрабатывают план на сто или более дней, либо плавающей, в зависимости от того, что может произойти через некоторый ожидаемый период времени.

Следует сказать, что на водном транспорте опыт разработки такого рода планов на «плавающий» (некалендарный) период времени уже имеется. Например, весенний завоз грузов, или внесение изменений при переходе от весеннего к межленному периоду навигации. Причем эти планы рассматриваются и как самостоятельные, и как составная часть общего плана работы судоходной компании.

Однако постоянного места в системе планирования планы, разрабатываемые на «пла-

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

вающий» горизонт планирования не получили. На рисунке 2 предлагается место, которое должен занять комплекс вопросов непрерывного планирования работы судоходной компании.

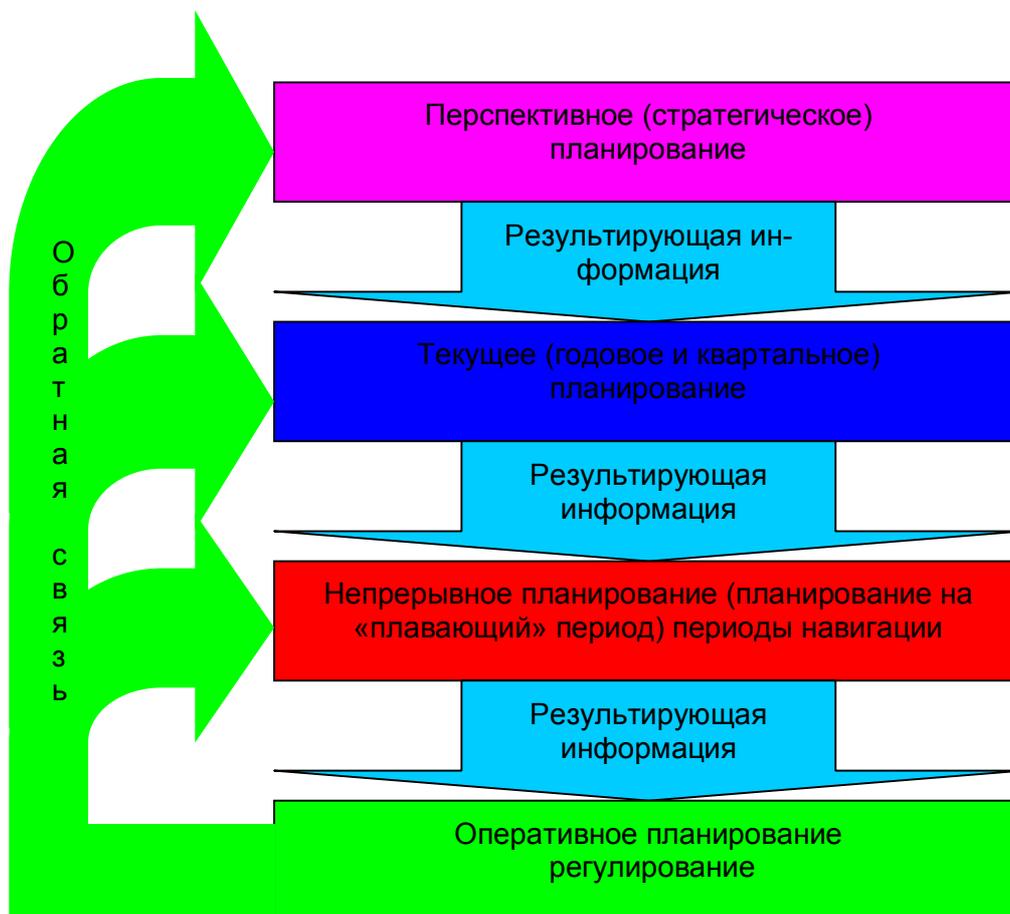


Рисунок 2 – Место непрерывного планирования в общей системе планирования на транспортном предприятии

Каким путем необходимо идти далее для решения задачи внедрения в практику работы системы непрерывного планирования транспортного процесса? По нашему мнению, начинать необходимо с правильной формулировки роли и места данной оптимизационной задачи в практике управления перевозочным процессом.

Миссию внедрения оптимизационной задачи непрерывного планирования транспортного процесса в практику управления работой судоходной компании можно определить как своевременность обеспечения специалиста (менеджера) необходимыми ему для принятия решений данными, максимально полно используя для этого имеющийся потенциал учетно-аналитической информации. В данном определении можно выделить три ключевых понятия: «своевременность обеспечения данными», «принятие решений», «информационный потенциал». Указанная триада должна находиться в основе оптимизационных моделей и методов, применяемых на водном транспорте.

Вторым аспектом является определение места задачи непрерывного планирования транспортного процесса в общей информационной системе транспортного предприятия. На сегодняшний день необходимость в таковой системе не вызывает сомнений. Однако как ее строить и где в ней отвести место для оптимизационных задач – вопросы, предполагающие неоднозначность ответов.

Можно выделить три возможных варианта построения информационных систем предприятия. Первый – так называемый «лоскутный принцип», когда в основу системы закладываются локальные средства автоматизации. В этом случае компьютерные технологии при-

меняются только там, где они необходимы в первую очередь. При этом появляется возможность глубокого решения частных задач оптимизации, сокращается время на внедрение их в процесс управления, но практически сохраняется «бумажная технология» разработки и принятия решений, а компьютеру отводится роль «умного калькулятора». Фактически специалист сам вводит исходные данные, сам проводит процесс решения и только он в состоянии оценить насколько эффективным является получаемый результат расчетов.

Второй вариант создания информационной системы предприятия основывается на разработке и функционировании автоматизированных систем управления (АСУ). При очевидных достоинствах АСУ (создание и использование баз данных, применение единых методов обработки информации, возможность создания АРМ – автоматизированных рабочих мест и т.п.) данный вариант в некоторой степени сохраняет недостатки предыдущего варианта. Это касается отделения документов от источников информации, разделения труда по вводу и использованию исходных данных. В результате снижается актуальность данных, увеличивается вероятность ошибок при их вводе и использовании.

Третий вариант создания информационной системы предприятия базируется на единой информационной среде источников и потребителей данных. Технической поддержкой этого варианта является наличие либо локальной информационной сети предприятия, либо сети Internet, но с обеспечением возможности выхода в нее с любого рабочего места предприятия. В этом варианте, как и в случае с АСУ, должны быть базы данных, но их наполнение и использование должно производиться в процессе формирования разного рода отчетных и плановых (прогнозных) документов. Таким образом речь идет о параллельном вводе и обработке данных с разных рабочих мест предприятия, что обеспечивает единство учетной и плановой информации, сокращение объема работ по вводу данных, прозрачность роли и ответственности каждого участника информационной сети. Очевидно, что для решения задач непрерывного планирования транспортного процесса третий вариант информационного обеспечения является наиболее верным.

В настоящее время одним из наиболее актуальных становится вопрос совмещения возможностей учета и управления. С 2002 года в практику работы отечественного бизнеса введено понятие управленческого учета. Управленческий учет (Management Accounting) представляет рациональную комбинацию принципов учета и управления. Менеджмент нуждается в информации, а учет ею располагает. Каждое предприятие имеет свои цели, стратегии, приоритеты, интересы, ценности, культуру, традиции, которые отличаются от того же набора атрибутов на других предприятиях. Система управленческого учета должна предоставлять менеджерам информацию о том, как идет продвижение к целям предприятия и какова цена этого продвижения.

На рисунке 3 приведена принципиальная схема, определяющая взаимоотношение разных уровней планирования и учета. Информационная система, в основе которой используются данные управленческого учета, должна обеспечивать решение ключевых задач управления и высвечивать проблемы - препятствия на пути продвижения к целям, предупреждать об ухудшении ситуации. В связи со сказанным важным представляется обсуждение вопроса относительно качества информации и достаточности ее объема. В работе [2] приведены принципы эффективного формирования информации:

1 Актуальность информации – означает реальность отражения среды, в которой находится специалист, и им принимаются решения. Актуальность предполагает своевременность получения данных.

2 Достоверность данных – предполагает точность воспроизведения объективного состояния объекта исследования.

3 Релевантность данных – предполагает получение информации в точном соответствии с требованиями специалиста в целях избегания работы с ненужными данными.

4 Целенаправленность данных – отражает направленность информации на решение конкретной проблемы. Целенаправленность не предполагает определенную «ангажированность» или подтасовку данных, а лишь использование такой системы сбора и фильтрации информации, которая даст возможность специалисту решить конкретную задачу. В работе [2] под задачей понимается предписанная работа, которая должна быть выполнена пред-

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

писанным образом.

5 Согласованность и информационное единство – предполагает исключение противоречивых данных, возможность использования одних и тех же данных для решения разных задач.

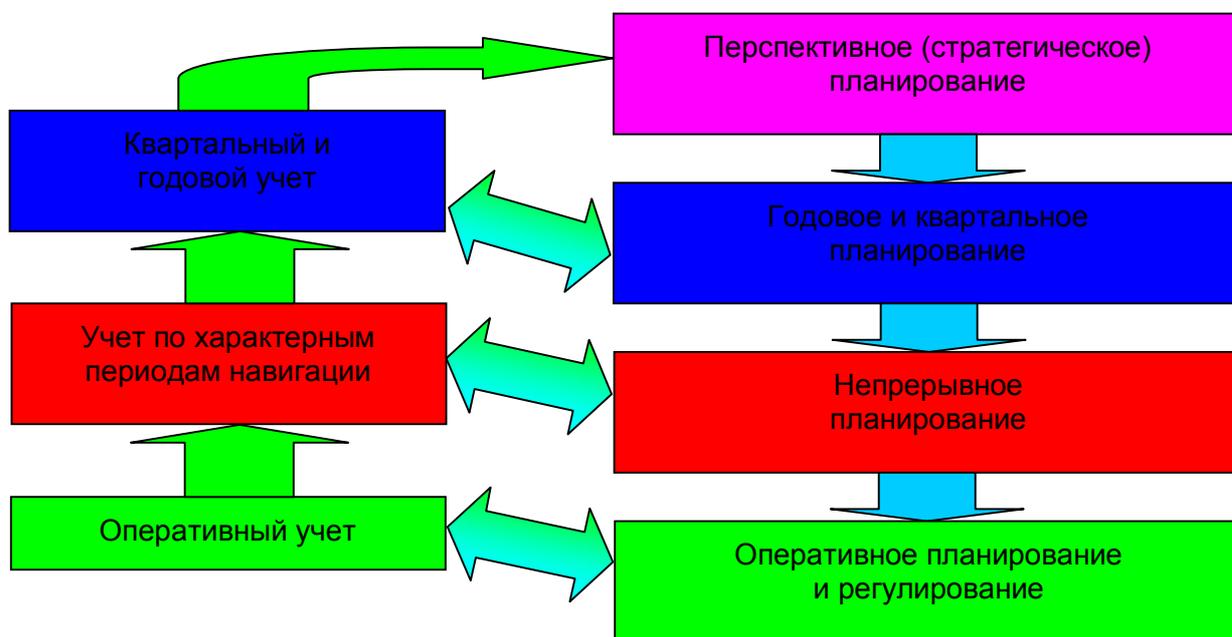


Рисунок 3 – Взаимосвязь информационных потоков процессов планирования и учета

Третьим аспектом, определяющим успех решения задачи непрерывного планирования транспортного процесса, является проблема реализуемости принимаемых оптимизационных решений. Очевидно, что если решение нереализуемо, то это бесцельная трата финансовых и человеческих затрат.

Реализуемость решений предполагает как адекватность их существующим в момент принятия реалиям, так и технологичность возможных корректировок.

Важным моментом реализации оптимизационного решения является учет информации, идущей от потенциальных исполнителей решения. Использование такой информации с одной стороны чаще всего способствует повышению адекватности решения практической деятельности, а с другой – большей заинтересованности исполнителей в самом решении, созданию атмосферы взаимопонимания и сотрудничества, сочетающихся с высокой дисциплиной и требовательностью.

После того как решение принято, не исключена возможность внесения в него изменений. Причинами корректировок решений могут быть изменения во внешней среде предприятия (изменение потребностей клиентуры в транспортных услугах, изменения, вызванные гидрометеорологическими факторами, и т.п.), недоработанность решений, плохая организация исполнения решений и др. В тех случаях, когда решения требуют корректировки, а она по каким-либо причинам не осуществляется, решения вместо организующего фактора превращаются в фактор дезорганизующий. Кроме того, что нескорректированное решение, как правило, не выполняется, оно приводит к дискредитации того, кто его принял.

Возможность внесения корректировок должна быть предусмотрена технологией решения оптимизационной задачи. В условиях бизнеса, зависящего от функции времени (а транспортная деятельность как никакая другая в значительной степени определяется временным фактором), необходимость корректировки все чаще возникает из-за появления новых, до определенного времени неизвестных возможностей и условий, сулящих либо большой эффект, либо упущенные выгоды.

И, наконец, важнейшим аспектом, связанным с разработкой и внедрение задач непрерывного планирования работы судоходной компании, является выбор методологии решения задач данного типа. На сегодняшний день имеется значительный опыт автоматизации решения задач как навигационного, так и оперативного планирования. Не отвергая имеющийся потенциал методов и приемов следует все же определить в какую сторону «тяготеют» в методическом плане задачи непрерывного планирования транспортного процесса. В свое время основная ставка делалась на разработку моделей и методов на уровне годового плана работы флота, а затем эти методы пытались «привязать» к решениям низшего уровня планирования (квартал, месяц). При этом исходили из положения о том, что объемные показатели годового и месячного плана уже известны и необходимо подтвердить заложенные в нем контрольные цифры по производительности флота и ряду других показателей. Для целей стратегического планирования в основном применялись те же методы и модели, что и для текущего планирования, с той лишь разницей, что здесь допускалось определенное укрупнение информации с целью декомпозиции решаемых задач.

Для условий оперативного планирования и регулирования транспортного процесса, как правило, использовалась собственная методология, ориентированная на оперативный сбор ограниченного перечня данных в основном временного характера. При этом в основу решаемых задач закладывалась дислокация транспортных средств, от точности которой в значительной степени зависел результат решения.

Очевидно, что для решения задач непрерывного планирования необходимо использование элементов методического характера как задач годового, так и оперативного планирования. Но, поскольку непрерывное планирование должно обеспечивать и поддержку реализации стратегического плана, и привязку к изменяющейся ситуации текущего плана, то в основу метода решения здесь следует заложить идеи текущего планирования, скорректированные с учетом реально складывающейся ситуации на момент разработки плана на «плавающий» горизонт упреждения. Однако в отличие от текущего планирования требования к организации диалога «специалист-компьютер» здесь должны быть ближе к технологии такого диалога при оперативном планировании. При методологии, характерной для годового планирования, у специалиста есть достаточное количество времени на разработку и анализ получаемых решений. В рамках оперативного планирования чем быстрее отклик компьютера на запрос специалиста, тем больше пользы может принести полученная им информация.

Перечисленные выше проблемы и рекомендации по их преодолению послужили основой исследований по разработке метода решения задач непрерывного планирования и регулирования транспортного процесса.

2 Экономико-математическое моделирование как метод решения задачи непрерывного планирования работы транспортного предприятия. В процессе управления основной эксплуатационной деятельностью современного транспортного предприятия необходимо учитывать многочисленные, нередко противоречивые факторы. Принятие управленческих решений в данных условиях требует определённого механизма оценки и выбора альтернатив в соответствии с целями решаемых задач [3-17].

Различают две группы методов принятия решений: методы, в основе которых лежит эвристическая оценка, т.е. экспертные интуитивно-логические заключения и методы нахождения решения через формализацию условий и использования математических процедур. Следует отметить, что обе группы методов нашли достаточно широкое применение.

Вторая группа методов, получивших название оптимизационных, ориентированна на выбор лучшей альтернативы из всех допустимых условиями задачи. Оптимизация, по определению Д. Гимлена, – это «наука об оптимизировании ценных почему-либо характеристик или функций, являющихся сложной математической областью различных приложений в физике, экономике, технике, вычислительной математике, кибернетике, биологии и т.д.» [18]. В пользу данной группы методов принятия решений говорит факт возможности получения результатов, способных оценить достаточно большой набор соотношений между конкретным сочетанием значений факторов влияния и изменениями результирующих параметров. Данный класс методов решений целесообразен в условиях риска.

Эвристическое и оптимизационное и направления в области принятия решения не

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

взаимоисключают друг друга. Оба направления имеют определённые недостатки, и один из путей нейтрализации данных недостатков это использование элементов одного направления на базе другого. Не случайно известный исследователь оптимологии О.С. Разумовский отмечает всё возрастающую важность использования «эвристических возможностей оптимизационного направления» [12]. На наш взгляд базовым направлением решения задачи управления производительностью комплекса ресурсов должна выступать оптимизация, которая бы дополнялась возможностями эвристического направления.

Методы часто переплетаются и взаимодействуют, но каждый из них имеет определённую специфику [9-17].

При решении разнообразных оптимизационных экономических задач значительную помощь может оказать построение и практическое внедрение оптимизационных моделей на основе исследования операций. Под исследованием операций понимают методы решения задач управления человеко-машинными системами ориентированными на результат, наилучшим образом отвечающий поставленным целям [4, 5]

Термин «исследование операций» возник во время второй мировой войны. Однако научное зарождение данного подхода произошло гораздо раньше. Математические основы линейного программирования успешно разрабатывались ещё на рубеже XIX и XX веков К. Жорданом (1873), Г. Минковским (1896) и Фаркашем (1903). Позднее в 50-х годах XX века данные идеи были математиками и экономистами В.Г. Болтянским, В.С. Немчиновым, В.В. Новожиловым, Л.С. Понрягиным и др. Следует отметить также весьма серьёзные результаты, полученные в области динамического программирования А.А. Марковым (1856-1922), и работы Эрланга (1878-1929) в области управления запасами и исследованиях теории массового обслуживания.

Большой вклад в развитие научной мысли математического моделирования внёс Дж. Б. Кларк. Но более сложные и практически используемые модели были разработаны в 1937 году Дж. фон Нейманом и в 1939 году Л.В. Канторовичем. Однако стремительное развитие экономико-математического моделирования получило только в 60-70 годы. Можно выделить две наиболее веские причины. Во-первых, в производственно-экономических отношениях резко возросла конкурентная борьба, которая потребовала оперативной и грамотной обработки информации и принятия оптимальных управленческих решений. Во-вторых, произошли значительные успехи в области электронно-вычислительной техники, которые в значительной степени стимулировали совершенствование методов сравнения и оценки альтернативных вариантов управленческих решений (как известно, в 1952 году было проведено первое успешное решение задачи оптимизации на ЭВМ «Seanc» в национальном бюро стандартов США).

Проблемами исследования операций и математическим моделированием в данный период занимались такие учёные, как Г. Вагнер, Е.С. Венцель, Д.М. Гвишиани, М.Г. Гафт, В.В. Глухов, Ю.Л. Иванилов, А.В. Лотов, Ю.А. Дубов, А. Кофман, М. Интрилигатор. Несколько позднее С.В. Емельянов, О.И. Ларичев, Л.И. Полищук, Р. Штойер и др. Эти и многие другие исследователи, занимавшиеся математическими моделями в управлении предприятиями, внесли существенный вклад в развитие теории исследования операций, не утратившую свою актуальность по сей день.

Ю.А. Дубов определяет основной задачей исследования операций выявление всех возможных способов проведения операций, т.е. описание множества альтернатив, из которых следует осуществить выбор [8]. Е.С. Венцель в работе [5] приводит более современную мысль – основная задача науки исследования операций – предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Особенностью данной методологии является то, что поиск оптимального решения предполагает построение математической модели и применение определённого математического аппарата.

Экономико-математическое моделирование заключается в том, что создается экономическая модель, отражающая основные параметры реальной системы и сохраняющие существенные свойства ее как оригинала, которую можно описать и решить с помощью математических методов.

В любом случае решение принимает не модель, а руководитель. Г. Вагнер приводит

следующую мысль: «... модель сама по себе никогда не является достаточной для решения реальной задачи. Её нельзя рассматривать полностью абстрагированной от суждений квалифицированного руководителя» [4]. Экономико-математическое моделирование должно основываться на специфике рассматриваемого участка управления, точности и полноте информационных потоков, возможностей задействованного вычислительного оборудования.

Можно выделить три особенности применения экономико-математического моделирования. Во-первых, это его оптимизационный характер относительно заданных ограничений или условий. Во-вторых, это обязательность учета таких аналитических свойств модели, таких как чувствительность оптимального решения к изменению значений параметров модели, структуры оптимального решения. В-третьих, это возможность выявления и изучение взаимосвязей между подсистемами управления различных уровней, входящими в единую систему управления предприятием.

Применение экономико-математических моделей предполагает несколько этапов (рисунок 4). Сначала определяется круг проблем, подлежащих решению. Качественное изучение проблемы предполагает выявление всех факторов, оказывающих влияние на затрагиваемый участок управления. В результате происходит формулировка задачи, т.е. маркировка (выделение) таких элементов, как управляемые переменные, а также ограничения и условия, при которых необходимо решить задачу. При необходимости задача разбивается на составные части с выделением постоянных и переменных факторов влияния.

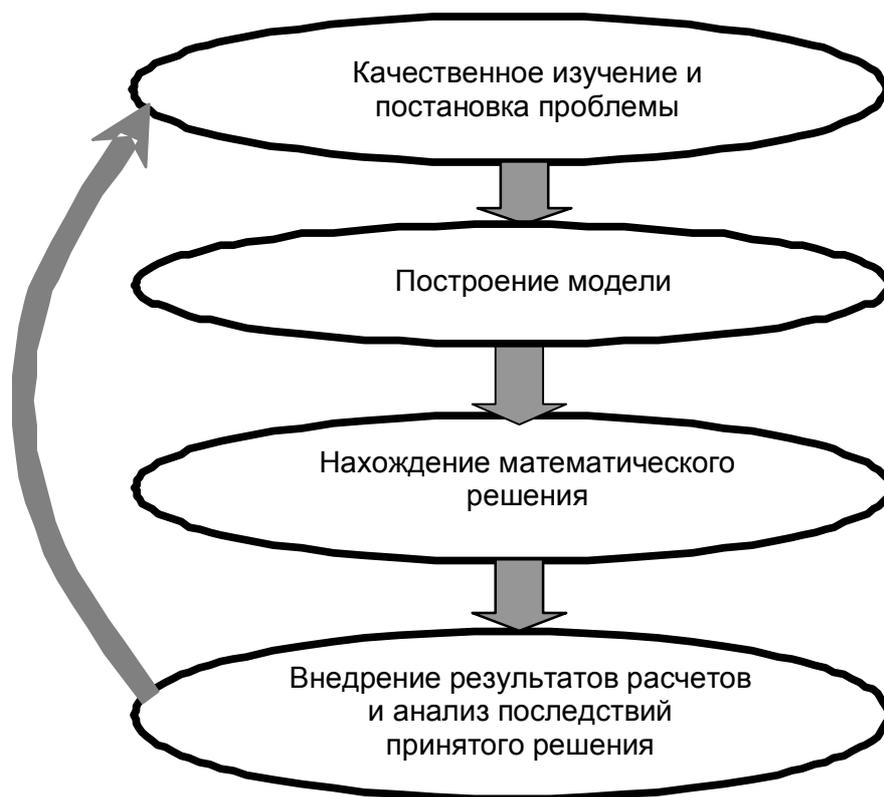


Рисунок 4 – Схема процесса применения экономико-математического моделирования при принятии управленческих решений

Далее строится модель, выражающая качественное содержание проблем через количественные параметры. Модель состоит из ограничений (условий) и целевой функции (критерия оптимальности). Целевая функция должна охватывать те факторы, которые в наибольшей степени способствуют эффективности решений. Ценность моделирования заключается не в нахождении надёжного и неоспоримого решения, а в том, что модель позволяет менеджеру оперативно сравнивать множество альтернативных вариантов – «...правильно по-

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

строенная модель позволяет производить обоснованную сравнительную оценку возникающих альтернатив...» [4], что в свою очередь позволяет более грамотно прогнозировать различные пути развития предприятия и принимать соответствующие управленческие решения.

После того как модель построена, приступают к нахождению математического решения. Поиск решений предполагает нахождение таких значений управляемых переменных, которые обеспечивают оптимум по одной из целей и придерживаются допустимых значений других целей (ограничений). К настоящему времени разработана достаточно большая группа методов решения. Многие учёные разделяют методы математической оптимизации на два основных блока: статические методы; динамические методы.

Статическая задача экономической оптимизации – задача распределения ограниченных ресурсов для достижения комплекса конкурирующих целей в некоторый определённый момент времени. Динамическая задача – задача распределения ограниченных ресурсов для достижения комплекса конкурирующих целей на протяжении определённого промежутка времени от начального момента до конечного.

Более часто экономико-математические методы разделяют по типам задач, которые они помогают разрешить [4, 14]. Для решения определённой группы задач используют, как правило, определённый метод со свойственным ему математическим аппаратом.

Наиболее распространённым и апробированным является линейное программирование – метод оптимизации, в котором целевая функция и целевые ограничения – линейные функции относительно переменных, принимающих любые значения из некоторого множества значений. Многие учёные выделяют их большую роль в области количественного анализа. Созданные советским математиком Л.В. Конторовичем специальные методы решения этих задач – линейного программирования – явилось началом широких исследований в области анализа [9]. В рамках задач данного типа требуется оптимизировать определённый показатель при заданных ограничениях в установленной зоне допустимых решений.

В связи с этим актуально высказывание Г. Вагнера: «... линейное программирование позволяет резко увеличить аналитические возможности управляющего фирмы и его аппарата. Математические модели дают руководителю возможность проанализировать такой широкий спектр возможных планов распределения ресурсов, о каком он не мог ранее и мечтать» [4].

При нелинейном программировании или целевая функция задачи, или ограничения, либо и то и другое являются функциями нелинейного характера.

Модель теории игр – математическая модель, с помощью которой исследуются ситуации в которых принятие решений зависит от нескольких участников, которые в процессе «игры» с определёнными «ходами» должны в пределах установленных правил достичь целевой функции.

Динамическое программирование актуально для исследования многоэтапных процессов. Управляемая система характеризуется определёнными координатами, т.е. параметрами, отображающими её состояние. Оптимизационные действия проводят поэтапно: на каждом этапе находят условно оптимальное управленческое решение при различных вариантах решения на предыдущем шаге.

Последним этапом является внедрение результатов исследования в управленческие мероприятия и совершенствование модели, исходя из изменений в деятельности предприятия. Таким образом, происходит использование полученных решений и выявление новых факторов условий и новых потребностей, связанных с данным участком управления. На данном этапе следует обратить внимание на устойчивость решения, его чувствительность на изменения условий (ограничений), в рамках которых было принято решение.

Трудности в нахождении оптимального решения обуславливаются ограниченностью имеющихся ресурсов и определённой альтернативностью целей и соответствующих им результатов. Это имеет отношение и к применению того или иного метода решения оптимизационных задач. Каждый из вышеописанных методов предполагает собственное количество необходимой информации и продолжительности выполнения подготовительных и расчетных процедур. В этом отношении в современных условиях несомненное преимущество перед линейным программированием: большой опыт практического применения, наличие

стандартного математического обеспечения, высокая оперативность выполнения расчетов

3 Моделирование процессов непрерывного планирования и работы транспортно-го флота судоходной компании. Транспортный процесс обладает свойством, суть которого заключается в том, что для его организации необходим определенный минимум информации. Иными словами, речь идет о принятии решений в условиях риска. Именно в этих условиях ситуационный подход лучше как никакой другой позволяет получать набор решений, позволяющих оценить поведение транспортной системы. С другой стороны, экспертные оценки дают возможность определения ориентировочных значений факторов, которые могут сохранять высокую степень неопределенности. Многие возможные неопределенности связаны с ближайшим окружением предприятия (поведение клиентуры, изменения судоходной обстановки и т.п.).

На наш взгляд модели, применяемые в непрерывном планировании, должны быть ориентированы на учет динамики транспортного процесса, поскольку, как было отмечено в предыдущем параграфе, в основе разрабатываемого метода должен лежать подход, ориентированный на приоритетное решение оперативных задач. Вместе с тем, как показывает предыдущий опыт решения оптимизационных задач, линейные зависимости достаточно точно отражают основные характеристики транспортного процесса, поэтому их целесообразно использовать для описания процессов работы флота в силу простоты и отработанности. Другое дело, что в реальной практике эксплуатационной деятельности получаемые решения (а это, как правило, размеры судопотоков флота) должны иметь целочисленный характер, так как фактор целочисленности с одной стороны уменьшает количество допустимых решений, а с другой повышает их адекватность с позиции практической деятельности судоходной компании.

С указанных выше позиций рассмотрим экономико-математические модели решения задач, связанных с непрерывным планированием транспортного процесса судоходной компании. Как показывает накопленный опыт, систему планирования, позволяющую адекватно и своевременно реагировать на изменения условий ведения бизнеса, можно построить на совокупности следующих принципов:

- согласованность процесса планирования со стратегическими задачами развития судоходной компании;
- возможность «проигрывания» различных ситуаций;
- непрерывный характер планирования как инструмента текущего управления.

Согласование процесса планирования со стратегией компании особенно актуально в современных условиях, особенно для предприятий, имеющих нестабильную среду функционирования. Связь на всех горизонтах планирования с корпоративной стратегией обеспечивает единое понимание задач предприятия на всех уровнях организации и позволяет определить эффективные пути их реализации. Планы и бюджеты, разрабатываемые и реализуемые как при текущем, так и оперативном планировании должны с учетом выполнения краткосрочных целей соответствовать и долгосрочным целям, определяя, в какой степени текущая динамика развития бизнеса отвечает корпоративной стратегии.

В соответствии со сказанным процесс непрерывного планирования транспортного процесса следует начинать с постановки и решения задачи стратегического планирования. Основная цель стратегического плана состоит в выработке стратегических приоритетов развития судоходной компании. Стратегический план разрабатывается на длительное время (2-5 лет с разбивкой по годам) и отражает все основные виды деятельности предприятия.

При построении экономико-математических моделей, необходимых для принятия организационно-экономических решений необходимо выполнить следующие шаги:

- 1 Выявить множество факторов, определяющих деятельность предприятия в той или иной ситуации.
- 2 Классифицировать эти факторы по степени их важности относительно деятельности предприятия.
- 3 Выявить основные информационные потоки.
- 4 Сформулировать схему переработки информационных потоков для получения решения.

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

5 Зафиксировать ограничения и требования по отношению к предприятию.

6 Формализовать ситуацию, в которой находится или может оказаться предприятие, за счет математического описания взаимодействия факторов и информационных связей с целью выполнения принятых ограничений.

С учетом указанных шагов модель стратегического планирования транспортного предприятия в формализованном виде можно представить как совокупность следующих зависимостей:

– оптимизировать функцию цели:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \Pi_{ijk} X_{ijk} \rightarrow \max \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

1 Объем транспортных работ (услуг) i – го вида должен находиться в пределах между пессимистической и оптимистической границами соответствующего прогноза:

$$G_i^n \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} Q_{ijk} X_{ijk} \leq G_i^o, \quad i \in I \quad (2)$$

2 Суммарная потребность k – го ресурса должна находиться в пределах между пессимистической и оптимистической границами по его ожидаемому наличию:

$$R_k^n \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijk} X_{ijk} \leq R_k^o, \quad k \in K \quad (3)$$

3 Искомые переменные должны быть не отрицательными целыми величинами:

$$X_{ijk} \geq 0, \quad X_{ijk} \quad i \in I; j \in J; k \in K$$

В зависимостях (1)-(4) приняты следующие обозначения:

i – индекс вида транспортных работ (услуг);

j – индекс вида транспортной технологии;

k – индекс вида задействованного ресурса;

I – множество индексов i ;

J – множество индексов j ;

K – множество индексов k ;

Q_{ijk} – количественная оценка транспортных работ i – го вида, оказываемых за одно обслуживание судходной компанией при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса, единиц транспортных работ/одно обслуживание;

R_{ijk} – количественная оценка необходимых ресурсов k – го вида для выполнения одного обслуживания транспортной работы i – го вида по j – ой транспортной технологии, единиц ресурсов/одно обслуживание;

Π_{ijk} – критерий функции цели в расчете на одно обслуживание судходной компанией транспортной работы i – го вида при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса; для уровня стратегического планирования наиболее распространенным критерием является прибыль, рублей/одно обслуживание;

G_i^o, G_i^n – соответственно оптимистическая и пессимистическая количественная оценка объема транспортных работ i – го вида, единиц транспортных работ;

R_k^o, R_k^n – соответственно оптимистическая и пессимистическая прогнозная оценка наличия количества ресурса k – го вида для выполнения всех видов работ судходной компании, единиц ресурсов;

X_{ijk} – количество обслуживаний транспортных работ i – го вида, выполняемых по технологии j – го вида с использованием k – го вида ресурса, единиц обслуживаний.

Модель (1)-(4) может быть рассмотрена как модель многокритериальной пороговой оптимизации, когда ряд критериев водится в модель в виде ограничений (порогов). Технология

разработки и реализации такого рода моделей описана в работах [6-8], адаптация моделей применительно к транспортному процессу судоходной компании приведена в работе [34].

Главное на данном уровне планирования заключается в выявлении перспективных объемов работ (грузопотоков), необходимости организации новых судогрузовых линий, поиск направлений обновления флота, новых технологий транспортного процесса. Решение модели (1)-(4) предполагает получение некоторого набора вариантов стратегических альтернатив, каждая из которых должна иметь определенную комплексную оценку специалиста. Роль специалиста заключается в том, чтобы ранжировать альтернативы по степени достижения стратегических целей организации. Наиболее благоприятной считается ситуация, когда выбирается ограниченное число альтернатив, поскольку в силу ограниченности ресурсов все не просто нецелесообразно, но часто и невозможно рассмотреть. Отсечение альтернатив на данном этапе планирования возможно за счет введения более жестких ограничений по пороговым значениям ключевых параметров.

Комплекс расчетов на уровне стратегического планирования предполагает получение как количественных характеристик транспортного процесса (объемы перевозок по родам грузов и направлениям движения, обеспечивающие более высокую эффективность работы транспортного флота; суда и составы, потребность в которых в будущем будет расти и т.п.), так и качественные характеристик (приоритетные транспортные технологии, необходимость акцентирования усилий по регулированию транспортного процесса по наиболее нестабильным перспективе судогрузовым линиям и т.п.).

Следующим шагом при планировании транспортного процесса является уровень годового (текущего, навигационного) плана с разбивкой по кварталам или характерным периодам навигации. **Текущий (навигационный)** план - является детализацией и уточнением стратегического плана на данный год. Он разрабатывается по всем направлениям хозяйственной деятельности и определяет тактику деятельности предприятия. Текущий план - это развернутая программа деятельности предприятий и его подразделений, направленная на успешное выполнение стратегии. Разрабатывается с разбивкой по полугодиям (кварталам, месяцам или характерным периодам навигации).

Экономико-математическую модель для условий навигационного планирования можно сформулировать в следующем виде:

оптимизировать функцию цели:

$$\sum_{i \in E} \sum_{j \in T} \sum_{k \in M} \sum_{z \in L} C_{ijkz} X_{ijkz} + \sum_{i \in E} \sum_{j \in T} \sum_{k \in M} \sum_{d \in D} C_{ijkd} X_{ijkd} \rightarrow \max(\min) \quad (5)$$

при следующих ограничениях:

1 Обязательность выполнения заданного объема транспортных работ каждого i – го вида в заданных границах:

– обязательного выполнения в течение z – z -го периода навигации:

$$G_{iz}^n \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} Q_{ijkz} X_{ijkz} \leq G_{iz}^o, \quad i \in I; z \in Z \quad (6)$$

– выполнения при возможном переходе с одного периода на другой:

$$G_{id}^n \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} Q_{ijkd} X_{ijkd} \leq G_{id}^o, \quad i \in I; d \in D \quad (7)$$

2 Суммарная потребность k – го ресурса не должна превышать наличие ресурса:

– в целом за навигацию:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{z \in Z} R_{ijkz} X_{ijkz} \leq R_{kz}, \quad k \in K \quad (8)$$

– в z – м периоде навигации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkz} X_{ijkz} \leq R_{kz}, \quad k \in K, z \in Z \quad (9)$$

– при переходе с одного периода на другой:

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkz} X_{ijkz} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkd} X_{ijkd} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkz+1} X_{ijkz+1} \leq R_{kz} + R_{kz+1} \quad (10)$$

$k \in K, z \in Z, d \in D$

3 Все запланированные для выполнения транспортной работы ресурсы в должны быть:

– введены в работу в определенные периоды навигации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} F_{kz}^H X_{ijkz} = B_{kz}, \quad k \in K, z \in Z; \quad (11)$$

– выведены из работы в определенные периоды навигации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} F_{kz}^H X_{ijkz} = P_{kz}, \quad k \in K, z \in Z; \quad (12)$$

4 Искомые переменные должны быть не отрицательными целыми величинами:

$$X_{ijkz} \geq 0 \quad \forall X_{ijkzd} \geq 0, \quad i \in I, j \in J, k \in K, z \in Z \quad (13)$$

В зависимостях (5)-(13) приняты следующие обозначения:

i – индекс вида транспортных работ, услуг;

j – индекс вида транспортной технологии;

k – индекс вида задействованного ресурса;

z – индекс периода навигации;

d – индекс перехода с z – го на $(z + 1)$ – ый период навигации;

I – множество индексов i ;

J – множество индексов j ;

K – множество индексов k ;

Z – множество индексов z ;

D – множество индексов d ;

G_{iz} – объём работ, услуг i – го вида z ;

Q_{ijkz}, Q_{ijkd} – количественная оценка транспортных работ i – го вида, оказываемых за одно обслуживание судоходной компанией при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой, единиц транспортных работ/одно обслуживание;

R_{ijkz}, R_{ijkd} – количественная оценка необходимых ресурсов k – го вида для выполнения одного обслуживания транспортной работы i – го вида по j – ой транспортной технологии соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой, единиц ресурсов/одно обслуживание;

F_{kz}^H – количество единиц ресурсов k – го вида соответственно вводимых в работу и выводимых из работы за одно транспортное обслуживание в течение z – го периода навигации, единиц ресурсов;

C_{ijkz}, C_{ijkd} – критерий функции цели в расчете на одно обслуживание судоходной компанией транспортной работы i – го вида при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой; в качестве критерия на навигационном уровне может выступать как прибыль (задача решается на максимум), так и валовые издержки (задача решается на минимум), рублей/одно обслуживание;

G_{iz}^o, G_{id}^o – оптимистическая количественная оценка объёма транспортных работ i – го вида соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой, единиц транспортных работ;

G_{iz}^{op}, G_{id}^{op} – пессимистическая количественная оценка объема транспортных работ i – го вида соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой, единиц транспортных работ;

R_{kz}, R_{kz+1} – прогнозная оценка наличия количества ресурса k – го вида для выполнения всех видов работ судоходной компании соответственно в z – ом и в $(z + 1)$ – ом периодах навигации, единиц ресурсов;

B_{kz} – количество единиц ресурса k – го вида, которое нужно ввести в работу в z – ый период навигации, единиц ресурсов;

P_{kz} – количество единиц ресурса k – го вида, которое нужно вывести из работы в z – ый период навигации, единиц ресурсов;

X_{ijkz}, X_{ijkd} – количество обслуживаний транспортных работ i – го вида, выполняемых по технологии j – го вида с использованием k – го вида ресурса соответственно в z – ом периоде навигации и при d – ом переходе с одного периода навигации на другой, единиц обслуживаний.

Цель реализации модели (5)-(13) – отразить соотношение имеющихся на навигационный период ресурсов (провозной способности флота) и ожидаемого объема работ (перевозок). При этом объем работ представляет собой определенную компиляцию заявок клиентуры и прогностические оценки специалистов относительно работ (грузопотоков), по которым нет надежной информации, но по опыту прошлых навигаций вероятнее всего они должны появиться ближе к срокам намечаемых отправок. Очевидно, что расчеты могут показать одни из трех случаев:

Первый – провозная способность флота (имеющиеся ресурсы) значительно меньше ожидаемого объема перевозок (работ). В этой ситуации необходим анализ клиентской базы с выявлением таких характеристик грузоотправителей, как их платежеспособность, своевременность подачи груза, важность перевозок с позиции решения государственных программ и т.п. Очевидно, что исключать грузопотоки из плана перевозок нужно с большой осторожностью, поскольку, как показывает практика, не все даже самые постоянные грузоотправители способны подтвердить свои заявки на уровне оперативного планирования.

Второй – провозная способность флота (имеющиеся ресурсы) примерно соответствует ожидаемым объемам перевозок (работ). В этой ситуации необходимо продолжение пополнения клиентской базы в силу факторов, описанных ранее, но удалять из нее грузоотправителей, заявки которых выглядят весьма сомнительно, не имеет особого смысла, а вот активизировать работу с ними – более чем полезно.

Третий – провозная способность флота (имеющиеся ресурсы) значительно больше ожидаемого объема перевозок (работ). В этой ситуации необходима активизация маркетинговой деятельности по привлечению клиентуры, а если этого достичь не удастся – то следует принять решение об ограничении вывода судов и составов с мест зимовки.

В результате принятия решений в рамках перспективного и текущего планирования появляется информация, на основании которой можно формулировать модель непрерывного планирования транспортного процесса. Для условий непрерывного планирования можно использовать следующую экономико-математическую модель:

– оптимизировать функцию цели:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} C_{ijkz} X_{ijkz} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} C_{ijkd} X_{ijkd} \rightarrow \max(\min) \quad (14)$$

при следующих ограничениях:

Обязательность выполнения заданного объема транспортных работ каждого i – го вида в заданных границах как в течение z – го периода навигации:

$$G_{iz}^n \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} Q_{ijkz} X_{ijkz} \leq G_{iz}^o, \quad i \in I, \quad (15)$$

так и после завершения z -го периода навигации до окончания навигации в целом:

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

$$G_{is}^n \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} Q_{ijks} X_{ijks} \leq G_{is}^o, \quad i \in I. \quad (16)$$

2 Суммарная потребность k – го ресурса не должна превышать наличие ресурса как в z – м периоде навигации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkz} X_{ijkzh} \leq R_{kz} - R_{kz}^n, \quad k \in K, \quad (17)$$

так и в целом с начала планового периода до завершения навигации в целом:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} R_{ijkz} X_{ijkzh} + \sum_{i \in E} \sum_{j \in J} R_{ijks} X_{ijks} \leq R_{kz} - R_{kz}^n + R_{ks}, \quad k \in K, \quad (18)$$

3 Число первых отправок судов (составов) из пунктов должно соответствовать дислокации флота на начало планового периода:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{ijkzh} = N_{kh}, \quad k \in K, h \in H. \quad (19)$$

4 Искомые переменные должны быть не отрицательными целыми величинами:

$$X_{ijkzh} \geq 0 \quad X_{ijkz} X_{ijks} \geq 0 \quad X_{ijks} \quad i \in I, j \in J, k \in K, z \in Z, s \in S. \quad (20)$$

В зависимостях (14)-(20) приняты следующие обозначения:

- i – индекс вида транспортных работ, услуг;
- j – индекс вида транспортной технологии;
- k – индекс вида задействованного ресурса;
- z – индекс текущего планового периода навигации;
- s – индекс периода навигации после завершения z – го периода до закрытия навигации;
- h – индекс пункта, где в начале z – го планового периода находится k – ый ресурс (суда, составы);
- I – множество индексов i ;
- J – множество индексов j ;
- K – множество индексов k ;
- G_{iz}, G_{is} – объём работ, услуг i – го вида соответственно z – го и s – го периодов навигации, единиц работ;
- Q_{ijkz}, Q_{ijks} – количественная оценка транспортных работ i – го вида, оказываемых за одно обслуживание судовой компанией при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса соответственно в z – ом и s – ом периодах навигации, единиц транспортных работ/одно обслуживание;
- R_{ijkz}, R_{ijks} – количественная оценка необходимых ресурсов k – го вида для выполнения одного обслуживания транспортной работы i – го вида по j – ой транспортной технологии соответственно в z – ом и s – ом периодах навигации, единиц ресурсов/одно обслуживание;
- C_{ijkz}, C_{ijks} – критерий функции цели в расчете на одно обслуживание судовой компанией транспортной работы i – го вида при использовании j – го вида технологии и k – го вида ресурса соответственно в z – ом и s – ом периодах навигации; в качестве критерия на уровне месяца может выступать как прибыль, так и валовые издержки; в последнем случае задача решается на минимум для уровня технического планирования наиболее распространенным критерием являются издержки, рублей/одно обслуживание;
- G_{iz}^o, G_{iz}^n – соответственно оптимистическая и пессимистическая количественная оценка объёма транспортных работ i – го вида в z – ом периоде навигации, единиц транспортных работ;

G_{is}, G_{is}^n – соответственно оптимистическая и пессимистическая количественная оценка объёма транспортных работ i – го вида в s – ом периоде навигации, единиц транспортных работ;

R_{kz}, R_{ks} – прогнозная оценка наличия количества ресурса k – го вида для выполнения всех видов работ судоходной компании соответственно в z – ом и s – ом периодах навигации, единиц ресурсов;

R_{kz}^n – количественная оценка переходящих с предпланового на плановый период затрат флота, связанных с выполнением работ начатых до начала планового периода и завершаемых в течение планового периода, единиц ресурсов;

N_{kz} – дислокация k – го ресурса в виде грузового транспортного средства в начале z – го периода навигации в h – ом пункте, единиц ресурсов;

X_{ijkzh}, X_{ijks} – количество обслуживаний транспортных работ i – го вида, выполняемых по технологии j – го вида с использованием k – го вида ресурса соответственно в z – ом и s – ом периодах навигации, единиц обслуживаний (для z – го периода в случае нахождения k – го ресурса в виде грузового транспортного средства в начале периода он учитывается в h – ом пункте).

Цель реализации модели (14)-(20) – отразить соотношение имеющихся ресурсов (провозной способности флота) и ожидаемых объёмов заказов (объема перевозок) на уровне заданного периода планирования с учетом реальной дислокации флота (ресурсов) и ожидаемых объёмов работ (перевозок) после завершения планового периода до закрытия навигации. При этом объёмы работ представляют собой уточненные заявки клиентуры, откорректированные с учетом мнений специалистов относительно их объёмов в случае значительного отличия между заказываемым объёмом работ и данными прошлых периодов.

Поскольку основные противоречия между имеющимися ресурсами и плановыми объёмами работ необходимо устранять на уровне годового планирования, то на уровне непрерывного планирования следует акцентировать расчеты на выяснение двух обстоятельств:

1 Выявление возможных пиковых «недозагрузок» или «сверхзагрузок» конкретных видов ресурсов (типов транспортных средств). Очевидно, что на уровне декадного и суточного планирования и регулирования транспортного процесса устранения подобных ситуаций более чем проблематично, поэтому на уровне месячного плана следует разработать систему мер с целью «сглаживания» такого рода пиковых ситуаций.

2 Формирование исходной базы для решения задач оперативного планирования и регулирования в части прогнозирования дислокации флота и посудового закрепления флота за освоением одного или группы грузопотоков.

В современных условиях все больше предприятий ощущают реальную потребность в «скользящих» прогнозах. В этом смысле использование непрерывного планирования позволяет адекватно реагировать на меняющиеся внешние условия. Однако решение задачи непрерывного планирования невозможно на основе использовавшихся ранее громоздких и трудоемких процедурах планирования. Необходимо превратить планирование в нормальную составляющую повседневной управленческой деятельности на всех уровнях управления. Традиционные средства планирования здесь не очень эффективны, и организациям следует ориентироваться на сочетание современных управленческих и информационных технологий.

В целом современное решение по непрерывному планированию должно обладать следующими возможностями:

- моделирования и создания сценариев по принципу «что будет, если?»;
- упрощения делового сотрудничества за счет минимизации времени на передачу и обработку данных;
- активного участия в процессе планирования руководителей разного уровня – система не должна ограничивать количество участников;
- использования актуальных (текущих) данных как отправной точки для каждого нового сценария планирования с целью повышения его точности;

– автоматизации задач планирования с интуитивно понятным интерфейсом, позволяющим специалистам разных уровней осуществлять многомерный анализ данных, пересматривать планы, бюджеты.

4. Информационное и алгоритмическое обеспечение решения задачи непрерывного планирования транспортного процесса. Информацию можно трактовать как совокупность сведений, сообщений, материалов, данных, определяющих меру потенциальных знаний человека о процессах или явлениях в их взаимосвязи [19]. Информационное обеспечение является базой, на которой строится управленческая деятельность, поскольку управлять можно только тем, что можно измерить. Под управленческой информацией понимается совокупность сведений о процессах, протекающих внутри предприятия и его окружении, которые служат основой принятия управленческих решений [20].

Вопросами анализа информации с точки зрения систем управления занимались Н. Винер, Дж. Ф. Нейман, У. Эшби, К. Шеннон и другие [21-24]. Современный подход к теории информационного обеспечения предпринимательской деятельности представляют У. Баумоль, Г. Саймон, К. Эрроу, Дж. Стиглер [25-27]. В своих работах они показали, что информация в настоящее время является наиболее дорогим ресурсом, без которого невозможна никакая предпринимательская деятельность.

Информацию как ресурс деятельности предприятия можно классифицировать по различным признакам, среди которых в качестве основных выделяют [28]:

- функциональное назначение;
- отношение данных к субъекту и объекту управления;
- тип связи субъекта и объекта управления с внешней средой;
- отношение к целям и задачам субъекта и объекта управления;
- логическое содержание: о субъектах управления, об объектах управления и об управленческом воздействии субъекта на объект управления;
- физическая форма представления (устное, письменное сообщение в виде текстов, анкет, таблиц, графиков, электронный вариант и т.п.);
- процедура преобразования (вероятностные, социологические, моделирующие, аналитические, вычислительные и т.д.);
- степень преобразования (одно и ли многократная);
- пределы фиксации (подлежащая и не подлежащая регистрации);
- степень дополнительной переработки перед использованием;
- сфера применения (универсальная или специализированная);
- степень комплектности;
- емкость и стабильность;
- упорядоченность (систематизированная и несистематизированная).

Сбор, обработка, использование и передача данных являются обязательным элементом любой предпринимательской деятельности. Движение информации принято называть информационными потоками. Большой вклад в разработку теории управления информационными потоками внесли зарубежные и отечественные ученые Б. Голдстейн, М.Х. Мескон, Г. Поппель, С. Гислэн, Хедоу-ри, П.В. Акинин, И.Н. Герчикова, Р.С. Гиляревский, Г. Кузьмин, М.Ф. Мизинцева, А.И. Михайлов, А.В. Назаров, К.В. Пономарева, И.И. Родионов, А.И. Черный и др.[20, 28-33, 35].

Формирование единого информационного поля любого предприятия опирается на получение информации из разных источников. При организации информационного обеспечения необходимо опираться на следующие основные принципы [36].

Принцип взаимодействия, т.е. информационное пространство должно способствовать деловому сотрудничеству на предприятии.

Принцип законности, т.е. безусловное и точное исполнение всеми должностными лицами распоряжений вышестоящих уровней управления.

Принцип паритетности (равноправия) сторон и разделения их компетенции.

Принцип конфиденциальности, т.е. необходимость неразглашения служебной и коммерческой тайн.

Принцип компенсационности, т.е. получение информации, связанное с дополнительными

ми затратами сотрудников, должно компенсироваться моральными и материальными формами вознаграждения.

Принцип информационной совместимости, т.е. при получении и обработке массивов информации как персонал, так и используемые им технические средства должны «понимать» друг друга.

Ранее упоминались некоторые свойства информации, без наличия которых невозможно говорить о целесообразности внедрения в практическую деятельность задач автоматизации управления (актуальность данных, их достоверность, релевантность, целенаправленность, согласованность и информационное единство). К указанным параметрам можно добавить ряд других, например, понятность, получение нужным лицом, передача через нужный канал, сопоставимость. Однако все указанные параметры в той или иной степени отражают ценность информации.

Ценность информации можно определить как максимальную пользу, которую определенное количество информации способно принести для уменьшения средних потерь. В рамках автоматизации предприятий внедрение новых информационных технологий позволяет получать информацию, обладающую большим объемом полезных свойств, а значит, позволяет повысить управляемость бизнеса.

Не следует путать ценность информации со стоимостью ее получения, хотя последний фактор сбрасывать со счетов нецелесообразно. Однако лишь стоимость получения данных не является достаточным условием оценки их ценности. Именно совокупность свойств данных, необходимая для выполнения конкретной работы, с учетом стоимости получения этих данных и отражает истинную ценность информации.

Общепринято считать, что информацию, входящую в информационные потоки, можно разделить на долговременную и оперативную. При этом чаще всего в рамках долговременной информации выделяют блок НСИ – нормативно-справочной информации. На наш взгляд, более правильным будет деление информации на два блока: **ядро информационной системы**, куда включается общая нормативно-справочная информация, и **многофункциональные информационные модули**, необходимые для решения задач планирования и учета деятельности судоходной компании. К последним, в частности, можно отнести финансовые потоки, производство и себестоимость, снабжение и сбыт, кадровую политику и т.п. Такой подход позволит более четко структурировать информационное обеспечение решения задач автоматизации управления деятельностью судоходной компанией, поскольку появляется возможность однозначного закрепления источников информационных потоков за конкретными подразделениями с указанием степени прав и ответственности.

При организации информационных потоков особое внимание следует уделить тому, что переход от управления, основанного на интуиции к управлению, основанному на информации, предполагает, что информация должна представляться в нужное место, в нужное время, требуемого качества и только тем работникам организации, кому это нужно для принятия ими эффективных решений.

В проекте разработан перечень данных, необходимых для решения задачи непрерывного планирования транспортного процесса судоходной компании, и формы таблиц, заполнение которых позволит сформировать соответствующее информационное обеспечение. В первую очередь речь идет о планировании работы основного транспортного ядра – грузового флота.

На основании информационного обеспечения алгоритм преобразования исходных данных в результирующую информацию можно представить в виде блок-схемы, приведенной на рисунок 5.

Из приведенной блок-схемы видно, что алгоритм решения задачи непрерывного планирования транспортного процесса судоходной компании построен по модульному принципу. Его суть – разбиение всего процесса решения на относительно самостоятельные блоки, очередность решения которых, однако, строго предопределена заранее.

Реализация предлагаемого алгоритма позволит организовать в режиме реального времени диалог «специалист компьютер». В рамках такого диалога последовательно будут решаться ключевые вопросы, связанные с обоснованием плана работы на заданный период.

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

Из блок-схемы видно, что продолжительность и дата начало самого периода во многом зависит от результатов анализа состояния, в котором находится судоходная компания. Следует иметь в виду, что переход к проведению последующих расчетов совершенно не обязателен, если ситуационный анализ показывает, что транспортный процесс идет в ранее запланированном порядке и каких-либо кардинальных изменений не требуется.



Рисунок 5 – Блок-схема автоматизации расчетов

Реализация предлагаемого алгоритма позволит организовать в режиме реального времени диалог «специалист компьютер». В рамках такого диалога последовательно будут решаться ключевые вопросы, связанные с обоснованием плана работы на заданный период. Из блок-схемы видно, что продолжительность и дата начала самого периода во многом зависит от результатов анализа состояния, в котором находится судоходная компания. Следует иметь в виду, что переход к проведению последующих расчетов совершенно не обязателен, если ситуационный анализ показывает, что транспортный процесс идет в ранее запланированном порядке и каких-либо кардинальных изменений не требуется.

Однако если анализ выявил определенные проблемы либо в финансовой области, либо с точки зрения изменения условий плавания, либо в случае, когда срок реализации предыдущего плана заканчивается, то здесь все последующие процедуры проводятся в соответствии с алгоритмом. При этом следует обратить на блок проведения детальных расчетов по группе флота. В блок-схеме показано, что расчеты данного типа могут проводиться лишь в случае необходимости. Как правило, речь идет о ситуациях, когда достаточно однородная группа флота (тип флота), состоящая из значительного количества судов имеет несколько разных сфер транспортной работы, например, часть судов (составов) используется при перевозке грузов по малым рекам, а другая часть этого же типа флота – на магистральных перевозках. Если же группа флота полностью задействована на освоении локальных перевозок, особенно в случае, когда ей нет альтернативы, то детальный расчет расстановки флота может не потребоваться.

Роль специалиста на каждом шаге расчетов заключается в проведении на основании предлагаемой компьютером информации анализа по двум направлениям:

1 Какие варианты следует удалить из дальнейшего рассмотрения в силу их заведомой непригодности по мнению специалиста (выбраковка).

2 Какие варианты следует рассмотреть в первую очередь с целью получения решения в более короткие сроки (расстановка приоритетов).

Если первое направление позволяет получить ответ на вопрос «Как не надо делать», то второе – «Что делать в первую очередь». Очевидно, что указанные направления могут как вступать в противоречия, так и быть достаточно коррелируемыми. В любом случае специалист выступает как организующий механизм, своего рода «настройщик» получаемых решений.

При принятии в качестве планового (директивного) решения на последних двух этапах, приведенных на рисунке 5, следует иметь в виду, что рациональное решение должно предполагать возможность учета как количественно оцениваемых факторов (издержки, прибыль и т.п.) так и факторов качественного порядка (удовлетворенность клиентуры, соблюдение требований экологического порядка, безопасность движения и т.п.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Ансофф, И.** Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989.
- 2 **Маркетинг** / А.Н. Романов, Ю.Ю. Корлюгов, С.А. Красильников и др.; Под ред. А.Н. Романова. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1996. – 560с.
- 3 **Анциферов, Е.Г.** Методы оптимизации и их приложения. Новосибирск: Наука, 1990. – 160 с.
- 4 **Вагнер, Г.** Исследование операций. М.: Наука, 1978.- 346с.
- 5 **Венцель, Е.С.** Исследование операций. М.: Наука, 1976. – 383с.
- 6 **Гафт, М.Г.** Принятие решения при многих критериях. М.: Знание, 1979. – 164с.
- 7 **Гвишиани, Д.М.** Многокритериальные задачи принятия решений. М.: Машиностроение, 1978. – 191с.
- 8 **Дубов, Ю.А.** Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем [Текст]: / Ю.А. Дубов, С.И. Травкин, В.Н. Травкин // -М.: Наука, 1986. -294 с.
- 9 Канторович, Л.И., Лассманн В., Шилар Х., Шварц К. Экономика и оптимизация [Текст]: / -М.: Наука, 1990. -247 с.
- 10 **Кирилов, А.Л.** Математика для управления. СПб.: СЗАГС, 1999. – 238с.

**ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

- 11 **Математическое моделирование и оптимальное управление.** / Под ред. Строгина Р.Г. // -Н.Новгород: ННГУ, 1996, -188 с.
- 12 **Разумовский, О.С.** Оптимология и теория устойчивого социального развития. // Закономерности социального развития: часть 1.- Новосибирск: СОРАН, 1994. – с15-21
- 13 **Рапопорт, Б.М.** Оптимизация управленческих решений М.: ТЕИС, 2001. – 264с.
- 14 **Трояновский, Ю.А.** Математическое моделирование в экономике. М.: Юнити, 2000. - 273 с.
- 15 **Форсайт, Р.** Экспертные системы. М.: Радио и связь, 1987. – 220с.
- 16 **Штойер, Р.** Многокритериальная оптимизация, теория вычислений. М.: Радио и связь, 1992. – 504с.
- 17 **Эконометрика.** / под ред. И.И. Елисеева М.: ФиС, 2001.- 342с.
- 18 **D.Gemlaen** Optimizing and simplicity.// Syntese, 1996, vol. 107, p.304.
- 19 **Иванов, В.М.** Текущее планирование производительности ресурсного потенциала судоходной компании. Труды ВГАВТ, вып. 296 (часть 4).- Н.Новгород: ВГАВТ.- 2001, с. 117-125.
- 20 **Вершинин, О.Е.** Компьютер для менеджера: учебное пособие. М., 1990.
- 21 **Родионов, И.И.** Информационные ресурсы для предпринимателей. - М.: Электронные знания, 1994. - 173 с.
- 22 **Винер, Н.** Кибернетика. - М.: Советское радио, 1968. - 328с.
- 23 **Neumann J., Morgenstern O.** Theory of Games and Economic Behaviour. Princeton Univ. Press, 1944.
- 24 **Эшби, У.Р.** Введение в кибернетику. М., 1959.
- 25 **Шеннон, К.** Работы по теории информации и кибернетике. М., 1963.
- 27 **Баумоль, У. Дж., Квандт Р.Э.** Эмпирические методы и оптимально несовершенные решения / Теория фирмы. Под ред. Гальперина В.М. – СПб.: Экономическая школа, 1995. С.456-473.
- 28 **Саймон, Г.** Теория принятия решений в экономической теории и науке о поведении / Теория фирмы. Под ред. Гальперина В.М. – СПб.: Экономическая школа, 1995. - С.54-72.
- 29 **Стиглер, Дж.** Экономическая теория информации / Теория фирмы. Под ред. Гальперина В.М. – СПб.: Экономическая школа, 1995. - С.507-529.
- 30 **Герчикова, И.Н.** Менеджмент: Учебник. - М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1994.
- 31 **Поппель, Г.** Информационная технология – миллионные прибыли [Текст]: Пер. с англ. // -М.: Экономика, 1990.
- 32 **Акинин, П.В. и др.** Эффект АСУ. Ставрополь, 1986.
- 33 **Мизинцева, М.Ф.** Информационные механизмы развития региональных хозяйственных систем. Автореф. дис., 2001. - 44 с.
- 34 **Михайлов, А.И.** Научные коммуникации и информатика [Текст]: / А.И. Михайлов, А.И. Черный, Р.С. Гиляревский // -М.: Наука, 1976. -С. 126.
- 35 **Пономарева, К.В.** Информационное обеспечение АСУ [Текст]: / К.В. Пономарева, Л.Г. Кузьмин // -М.: Высшая школа, 1991.
- 36 **Беляев, А.А.** Системология организации [Текст]: / А.А. Беляев, Э.М. Коротков // -М.: Инфра, 2000. -173 с.
- 37 **Мескон, М.** Основы менеджмента [Текст]: / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури // -М.: Финансы, 1995. -702 с.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СУДОХОДСТВА НА МАЛЫХ РЕКАХ СИБИРИ

А.В. Зачесов

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Изложены три группы особенностей судоходства на малых реках, которые необходимо учитывать или планировать в организации работы флота.

Рациональная организация судоходства на малых реках основана на поведении трех взаимосвязанных составляющих: водные пути (вектор P), транспортный флот (Q) и пункты обработки (Z). Задача состоит в том, чтобы провести комплексное обоснование вариантов использования совокупности этих составляющих, обеспечив при этом экстремальное значение критерия эффективности:

$$F = f(P, Q, Z) \Rightarrow \text{extr}.$$

Поведение каждого из упомянутых векторов зависит от множества факторов, классификация и ранжирование которых позволит в последующем сформулировать ограничения к поставленной задаче:

$$P = \Psi_1 \{M_i\}, Q = \Psi_2 \{L_i\}, Z = \Psi_3 \{R_i\}.$$

Обозначенную проблему целесообразно рассматривать как сложную, управляемую систему, поэтапно решая входящие в нее задачи в следующей последовательности.

1 Осуществить общую постановку задачи.

2 Обосновать критерий эффективности задачи в условиях внедрения рыночных отношений на речном транспорте.

3 Выполнить анализ особенностей организации судоходства по малым рекам. Произвести классификацию и ранжирование этих особенностей (определить множества $\{M_i\}, \{L_i\}, \{R_i\}$); установить степень влияния каждого из них на эффективность работы транспортного флота; сформулировать ограничения задачи, основываясь на максимальном учете этих особенностей.

4 Установить границы возможного и рационального проведения путевых работ на малых реках, вариантов использования флота и производства перегрузочных работ.

5 Провести комплексное обоснование оптимальной схемы доставки грузов по малой реке с учетом вариации отдельных составляющих.

6 Уточнить на базе полученного общего решения технологию реализации каждого частного решения по основным составляющим системы: производство путевых работ, расстановка флота по участкам работы, обслуживание судов и составов в пунктах обработки.

7 Сформулировать общее рабочее решение по конкретной малой реке, т.е. подготовить программу использования малой реки для судоходства с обоснованием срока ее действия.

В настоящей статье сделана попытка на основе анализа эксплуатационно-экономической ситуации в системе речных пароходств Сибири раскрыть основные особенности работы транспортного флота на малых реках в Восточных бассейнах.

Все особенности представлены в трех группах факторов, отражающие основные составляющие векторов речного транспорта.

1 Особенности первой группы факторов $\{M_i\}$, связанные с судоходными условиями на малых реках сводятся к следующему.

1.1 Естественное состояние малых рек.

1.2 Ограниченные габариты судового хода.

1.3 Резкие колебания уровней воды.

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СУДОХОДСТВА
НА МАЛЫХ РЕКАХ СИБИРИ**

- 1.4 Ярко выраженные весенний (полноводный) и меженный периоды навигации.
- 1.5 Особенности взаимодействия корпуса судна и речного потока на малых реках.
- 1.6 Сложности в проведении путевых работ.
- 1.7 Слабая судоходная обстановка или ее полное отсутствие.
- 1.8 Высокий скоростной режим на большинстве малых рек.
- 1.9 Включение в транспортную схему некоторых малых рек ранее не используемых для судоходства.
- 1.10 В ряде случаев малые реки оказываются единственными транспортными связями для перевозки массовых грузов.
- 1.11 Отсутствие специальных технических средств на речном транспорте для проведения путевых работ в ограниченных условиях плавания.

Малые реки Сибири и Дальнего Востока практически все находятся в естественном состоянии, их гидрологический режим определяется объективными факторами, которые зависят от географического расположения реки, климатических условий района их протекания, источников питания. Исключения составляют небольшие участки рек на Оби в районе Новосибирска, на Енисее в верховьях реки и в районе Красноярска, на Зее и на Вилюе, где построены ГЭС и образованы водохранилища. Однако, эти немногочисленные сооружения в принципе мало влияют в целом на водный режим и характеристики малых рек региона.

Путевые условия этой категории водных путей остаются сложными для эксплуатации имеющихся в настоящее время в отрасли судов и составов. По имеющейся классификации малых рек, разработанной НИИВТом, габариты судового хода в меженный период имеют следующие параметры: глубина 1,25 м и менее, ширина 29 м и менее на свободных реках и 14 м и менее на каналах, радиус закругления 150 м и менее.

Большинство малых рек не имеют гарантированных габаритов судового хода. Из общей протяженности этих рек в Восточных бассейнах, реки с гарантированными габаритами составляют 25%. Этот показатель по различным бассейнам изменяется в широких пределах: от 6,7% в Восточно-Сибирском бассейновом управлении водных путей и судоходства до 42,2% – на Енисее. Малые реки имеют большое количество перекатов и множество участков с односторонним движением из-за узости судового хода.

Колебания уровней воды на этих реках в течение навигации различны и изменяются в широком диапазоне: от 0,5 м и ниже в верховьях рек и на отдельных участках (перекатах) до 3-4 м в нижнем течении. В период весеннего половодья на некоторых малых реках уровни воды поднимаются до 5-6 м, а в ряде случаев – до 15 м в зависимости от водности года и конкретной реки.

Водный режим рек отличается высоким весенним половодьем продолжительностью 1,5-2 месяца и относительно быстрым спадом глубин в меженный период.

Скоростной режим определяется классом малой реки, географическим расположением, характером питания. Скорости течения в период весеннего половодья, когда уровни воды поднимаются по сравнению с меженным периодом, значительно возрастают. На порогах, перекатах, шиверах они достигают 15-18 км/час.

На малой реке судну или составу приходится двигаться в стесненных условиях. В результате на корпусе судна возникают дополнительные силы трения, что приводит к увеличению общего сопротивления воды движению судна. Кроме этого из-за ограниченного запаса воды под днищем в условиях сокращения живого сечения русла увеличивается скорость обтекания днища судна речным потоком, что приводит к увеличению осадки судна (явление «просадки»).

Работая в стесненных условиях, движущиеся суда и составы оказывают отрицательное влияние на экологию бассейна в результате воздействия на русло и берега судовых волн, попутного потока и работы движителей. Предприятия и организации, которые эксплуатируют флот на малых реках, обязаны выполнять все законодательные акты, регламентирующие природопользование.

Вопросы обеспечения малых рек навигационным оборудованием остаются пока не до конца решенными. В конце восьмидесятых годов освещаемые навигационные знаки имелись на 16% общей протяженности малых рек, отражательные – на 9%, что существенно ог-

раничивало время движения, флота в течение суток.

В последние годы положение на малых реках резко ухудшилось. С большинства из них снята плавучая освещаемая обстановка, в неудовлетворительном состоянии находится и береговая. Суда могут работать здесь только в светлое время суток при условии, если их командный состав хорошо знаком с путевыми условиями рек.

Развитие производительных сил на территории Сибири, открытие новых месторождений полезных ископаемых, особенно в районах Крайнего Севера, связаны с работой транспорта. Однако, в большинстве случаев такие районы не имеют транспортных связей кроме малых рек. Поэтому потребность этих районов в перевозках грузов для обустройства территорий, а так же расширения фронта геологоразведочных работ может быть практически удовлетворена только путем включения в хозяйственный оборот неосвоенных ранее для судоходства малых водных путей.

Транспортное освоение малой реки задача достаточно трудоемкая, требует для своего решения определенного времени и средств (проведение рекогносцировочных наблюдений, изучение характера и режима реки, выполнение промерных работ, составление лоцманских карт, обоснования типов флота для работы на вновь осваиваемой реке и т. п.). Все эти работы обычно проводятся в специализированных научно-исследовательских или проектных организациях группой специалистов непосредственно в полевых условиях с последующей обработкой полученных данных.

В экономике Сибири малые реки занимают важное место. В ряде районов эти водные пути остаются единственными транспортными связями для перевозки массовых грузов. Эти районы расположены на территории Западной, а так же Восточной Сибири и Дальнего Востока, севернее, соответственно, 57 и 53 параллелей.

Всего в Восточных бассейнах насчитывается более 200 малых рек пригодных для судоходства. Перевозки грузов по малым рекам этого региона составляют более 50% от общего количества перевозимого груза по малым рекам России. Транспортное освоение и использование малых рек требует постоянного поддержания этих водных путей в рабочем состоянии за счет производства путевых работ (дноуглубление, выправление, траление, руслоочистка, а также навигационное ограждение судовых ходов). Выполнить весь комплекс путевых работ на малых реках значительно сложнее, чем на магистральных участках. Это обстоятельство, в основном, определяется двумя причинами. Первая причина связана с тем, что путевые работы приходится выполнять в ограниченных по габаритам условиях. Вторая – состоит в том, что специальных технических средств для проведения дноуглубительных и выправительных работ на малых реках в отрасли нет. Эти работы выполняются черпаковыми и землесосными снарядами, которые мало приспособлены для использования в руслах рек с ограниченными габаритами. Главные управления водных путей и судоходства вынуждены использовать для проведения путевых работ технические средства, спроектированные и построенные для магистральных рек, производительность работы которых в этих условиях резко снижается.

2 Особенности второй группы факторов $\{L_i\}$, связанные с движением судов и составов сводятся к следующему.

2.1 Ускоренные темпы развития перевозок по малым рекам.

2.2 Односторонняя направленность грузопотоков.

2.3 Широкая номенклатура перевозимых грузов.

2.4 Ограниченный период перевозки грузов и работы флота.

2.5 Возможность эксплуатации на малых реках крупнотоннажного и малотоннажного флота по различным вариантам в разные периоды навигации.

2.6 Повышенная сложность работы флота на малых реках и более жесткие условия безопасности движения по сравнению с магистральными реками.

2.7 Взаимодействие крупнотоннажного и малотоннажного флота.

2.8 Ограниченный состав малотоннажного флота по количеству и типам.

2.9 Наличие значительного количества малотоннажного флота у нетранспортных организаций.

2.10 Ограничения эксплуатации малотоннажного флота по показателям эффективности

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СУДОХОДСТВА
НА МАЛЫХ РЕКАХ СИБИРИ**

в зависимости от количества перевозимого груза и расстояния перевозок.

2.11 Низкие по сравнению с флотом, работающим на магистрали эксплуатационные показатели работы флота.

Объем перевозок грузов по малым рекам Сибири колеблется в пределах 14-17% от общего количества перевозок по внутренним водным путям. По отдельным бассейнам эта доля различна. Например, в Обь- Иртышском бассейне каждая третья тонна перевозимого груза следует по малым рекам, в Енисейском бассейне -15,8%, в Ленском – 0,9%, Амурском – 7,4%.

Темпы развития перевозок по малым рекам до начала 90-х годов уверенно опережали темпы развития перевозок по магистрали. В целом по отрасли эти темпы были выше в 1,4 раза, по Сибири – в 1,8 раза. Это обстоятельство объясняется, в первую очередь, тем, что потребность в перевозках грузов особенно в районы хозяйственного освоения новых территорий постоянно растет, а наземных транспортных путей в таких пионерных районах нет. Малые реки ближе, чем другие транспортные связи подходят к местам вновь открываемых месторождений полезных ископаемых, их быстрее и дешевле освоить как транспортные пути по сравнению со строительством автомобильных и железных дорог.

Одной из особенностей работы флота на малых реках является односторонняя направленность грузопотоков, т.е. имеет место или только завоз или только вывоз грузов. Например, на малых реках Енисейского бассейна Нижняя Тунгуска, Турухан, Вельмо, Дубчас осуществляется только завоз грузов с обратным возвращением судов порожнем. По реке Чулым – наоборот, осуществляется только вывоз груза ан магистраль. По рекам Ангара и Сым вывоз грузов составляет соответственно 95,4 и 97% от общего объема перевозимых грузов на этих реках. По рекам Подкаменная Тунгуска, Курейка, Большой Пит, завоз грузов составляет, соответственно, 93,8; 87,0; и 97,5% и т.п. При этом номенклатура перевозок многообразна: минерально-строительные материалы, лес, оборудование, уголь, соль, железобетонные изделия, продовольственные товары, нефтегрузы, контейнеры и многое другое. Эта особенность оказывает влияние на выбор типов судов для перевозки грузов на выбор средств механизации производства перегрузочных работ.

Длительность физической навигации на малых реках в Восточно-Сибирском и Амурском бассейнах. Не редко этот период не превышает одного месяца. Например, в Енисейском бассейне по отчетным данным он составляет на реках: Дубчас – 5 суток, Вельмо – 19 суток, Елогуй, Турухан и Большой Пит – 25 суток, Касс, Сым, Нижняя Тунгуска – 30 суток и т.д.

Реки Сибири начинают освобождаться ото льда с верхних южных участков, постепенно перемещаясь к устьевым пунктам. Период вскрытия по бассейну различен и колеблется в средних пределах от 15 до 25 суток. Например, в Ленском бассейне начало физической навигации на верхнем участке соответствует концу первой декады мая, в устье реки Киренги - началу второй декады этого месяца, в устье реки Витим – третьей декаде мая, в устье реки Оленек – первой декаде июля, на реках Яна и Индигирка – второй декаде июля и т.д.

Аналогичное положение и в других бассейнах Сибири.

На малых реках в силу особенностей судоходных условий могут эксплуатироваться как малотоннажные, так и крупнотоннажные суда. При этом к малотоннажному флоту относятся суда с паспортной осадкой: буксирные до 1,0 м (с учетом динамической просадки при движении на мелководье) и грузовые до 1,2 м. (с учетом неполного использования грузоподъемности в межлетний период навигации).

Непосредственно на малых реках крупнотоннажный флот используется, в основном, в весенний полноводный период. В летние и осенние месяцы навигации здесь эксплуатируется малотоннажный флот или при его недостатке, – крупнотоннажный с неполной загрузкой.

Однако, завоз грузов в пункты малых рек обычно производится из крупных портов бассейна, которые расположены на магистрали. Пробег судна с грузом при этом составляет чаще всего многие сотни километров и проходит по магистральной реке, где экономически целесообразнее использовать крупнотоннажный флот и по малой реке, где этот флот эксплуатировать сложно и экономически невыгодно. В этой ситуации возникает задача рационального использования крупнотоннажного и малотоннажного флота, их согласованной работы и взаимодействия. Решение задачи усугубляется, кроме того, недостатком малотон-

нажного флота для осуществления необходимого количества перевозок. На ряде рек приходится в меженный период навигации использовать крупнотоннажные суда, которые непригодны для работы в ограниченных условиях плавания, что приводит к дополнительным расходам на ремонтные работы этого флота, временно выводит его из эксплуатации в навигационный период.

Организовать движение судов и составов на малых реках значительно труднее, чем на магистрали. Это связано с ограниченными габаритами судового хода, скоростным режимом рек, слабой материально-технической базой по производству грузовых работ в пунктах малых рек, а также коротким периодом навигации и отсутствием в достаточном количестве навигационной обстановки.

В последние годы в результате проведения экономических реформ на водном транспорте появилось множество нетранспортных организаций, которые имеют свой флот и осуществляют перевозки грузов по своему усмотрению в соответствии с частными договорами. Этот флот, как правило, по своим характеристикам значительно уступает малотоннажному флоту крупных акционерных обществ. Например, в Обь-Иртышском бассейне самоходный грузовой флот нетранспортных организаций по грузоподъемности более чем на 50% уступает аналогичному флоту, принадлежащему ОАО «ОИРП», по средней мощности – на 10%, а производительность тоннажа в валовые сутки у этого флота в 5-6 раз ниже.

Сравнительный анализ характеристик малотоннажного и крупнотоннажного флота в бассейнах Сибири показывает, что средняя грузоподъемность сухогрузных теплоходов в 11 раз меньше средней грузоподъемности крупнотоннажного флота этого вида, а мощность тяговых средств – в 4 раза. В результате эксплуатационно-экономические показатели работы малотоннажного флота слабее показателей работы крупнотоннажных судов и составов.

3 Особенности третьей группы факторов $\{R_i\}$, связанные с обслуживанием флота в пунктах малых рек, сводятся к следующему.

3.1 Значительное количество пристаней на малых реках имеют относительный малый грузооборот.

3.2 Отсутствие капитальных причальных сооружений. Обработка флота осуществляется в условиях естественного берега.

3.3 Недостаток технических средств для выполнения перегрузочных работ.

Анализ материально-технической базы малых рек показывает, что эта база предоставлена незначительным количеством портов с малым грузооборотом, которые интенсивно работают в весенний полноводный период навигации. В основном, перегрузочные работы в пунктах малых рек выполняются на грузовых пристанях, принадлежащих грузоотправителям или грузополучателям. Грузооборот этих пристаней небольшой.

Причалы на малых реках не имеют капитальных сооружений, перегрузочные работы выполняются у необорудованного берега, хотя широкая номенклатура перевозимых по малым рекам грузов требует наличия соответствующего причального и складского хозяйства с необходимой перегрузочной техникой. По нашему мнению специальных причальных установок для пунктов малых рек недостаточно, проектные и конструкторские организации мало работают над созданием универсальных причалов облегченного вида из сборно-разборных конструкций.

Анализ обслуживания флота в пунктах малых рек показывает, что основную группу причалов на малых реках составляют причалы необщего пользования (в Обь-Иртышском бассейне на этих причалах перерабатывается более 80% количества перевозимых грузов, в Ленском бассейне – почти 100% и т.д.).

Причалы, принадлежащие грузоотправителям и грузополучателям имеют на своем балансе старую, морально устаревшую перегрузочную технику низкой производительности. В состав ее входят плавучие и порталные краны грузоподъемностью 5 и 10 т, автомобильные и гусеничные краны, конвейеры, экскаваторы, бульдозеры, тягачи и т.п. В среднем по всем малым рекам Сибири на каждый из 250 причалов приходится около 0,8 единиц перегрузочной техники, что следует признать неудовлетворительным и отрицательно влияет эксплуатационные и экономические показатели транспортного флота, работающего на малых реках.

Таковы основные особенности работы речного транспорта на малых реках Сибири.

Задача состоит в том, чтобы исследовать влияние этих особенностей на работу транспортного флота, определить качественную и количественную степень влияния каждого из факторов, установить горизонтальные взаимосвязи между ними и использовать результаты этих исследований в решении задачи оптимизации работы речного транспорта на малых реках.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН

В.А. Виниченко

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Важнейший нефтетранспортный проект – строящийся в настоящее время магистральный нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) с отводом на Китай. Проектная мощность нефтепровода – 80 млн. т в год, в том числе первой очереди, завершение строительства которой намечено на 2008 год – 30 млн. т в год.

В условиях прогрессирующего кризиса, который переживают регионы Сибири, Севера и Дальнего Востока, вопрос восходит к сохранению единства и целостности государства. Проект ВСТО – не только трубопроводный, он имеет целый ряд уровней, касающихся производительных сил и социальной инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока, закрепления здесь сокращающегося населения, а также продвижения российского влияния в восточном полушарии.

Строительство первой очереди ведется со стороны Тайшета и со стороны Сковородино. Согласно поручению Президента России, трасса нефтепровода вынесена за водосборную зону озера Байкал, на территорию с низкой сейсмичностью, высокоперспективную на нефтегазоносность. Маршрут нефтепровода проходит вдоль трассы БАМа по линии Тайшет – Усть-Кут, от Усть-Кута – в северо-восточном направлении по левому берегу Лены (за водоохраной зоной) до Талаканского месторождения, что позволит существенно сократить проектно-изыскательские работы и строительство в целом. Далее маршрут обходит город Ленск с северной стороны, пересекает Лену в районе Олекминска и уходит на восток до города Алдан. От Алдана трасса идет в южном направлении мимо Нерюнгри до поселка Тынды и далее на Сковородино.

Строительство второй очереди нефтепровода предполагает выход к российским портам на Тихом океане и сооружение отвода в Китай в районе Сковородино. Значительная часть нефтепровода прокладывается вдоль Лены, что дает возможность использовать реку в качестве транспортной магистрали для доставки грузов и техники в период строительства и эксплуатации.

Работы по прокладке трубы ведутся интенсивно, по состоянию на июнь 2007 года уложено свыше одной тысячи километров труб из 2750 км запланированных. Однако, затраты на проект, который планируется завершить к концу 2008 года, повысились с предполагаемых 6,7 млрд. долларов до 11,3 миллиардов: коррективы, внесенные в проект, на 500 км увеличили длину трубы, потребовали создания дополнительных нефтеперекачивающих станций. Крупных вложений также требует отсутствие в зоне строительства инфраструктуры, необходимость возведения новых линий электропередачи и др.. Высока и стоимость самих труб, к тому же она в последние годы повысилась более чем в два раза.

Проекты, подобные ВСТО, дорожают во всем мире. Так, если первоначально прокладка наземной части трубы Северо-Европейского газопровода оценивалась в 2,5 миллиарда долларов, то сейчас работы обойдутся почти в 6 миллиардов долларов, при этом строи-

тельство еще не началось [1]. Подобная ситуация складывается и с ВСТО – строительство нефтепровода проходит в сложных географических условиях, что сказывается на строительной смете – любое отклонение от намеченного маршрута обходится в несколько миллионов долларов.

Из-за роста мировых цен на нефть дорожает практически все, что с ней связано: трубы, металлы, услуги и т.д. Труба прокладывается по совершенно неосвоенной местности и в тяжелейших условиях, что не способствует дешевизне проекта. «Газпром», например, вынужден заранее заключать контракты на поставку труб для собственного проекта – газопровода Nord Stream, поскольку трубки не успевают наращивать объемы производства, в том числе и из-за проекта ВСТО.

Кроме того, в реализации этого крупнейшего проекта вследствие его уникальности, срочности и экстремальных условий, помимо объективных причин имеются и субъективные упущения и недоработки, в том числе и связанные с использованием речного транспорта.

Речной транспорт всегда выполняет пионерную роль в освоении новых территорий и сырьевых ресурсов Сибири. По водным магистралям и в будущем предполагается завоз грузов в районы пионерного освоения и в труднодоступные отдаленные районы, куда по соображениям экономичности и дефицита инвестиционных ресурсов нерационально пока создавать другие магистральные пути сообщения.

Однако использование речного транспорта также требует своевременной подготовки в части выполнения хотя бы минимально необходимых путевых работ, обустройства водных подходов и пунктов выгрузки грузов.

Из-за упущений заказчика договоры на выполнение этих работ к навигации 2007 года своевременно не были оформлены (и естественно, не реализованы), поэтому первые загруженные трубами суда не были разгружены в пунктах назначения, и были вынуждены возвращаться вместе с грузом обратно.

Для проекта такого масштаба необходимы материалы, соответствующие мировым стандартам качества. При прокладке используются стальные трубы с антикоррозийным покрытием и тепловой изоляцией, состоящей из трех слоев: эпоксидного праймера, адгезионного покрытия и экструдированного полиэтилена. Соразмерно качеству, цена такой трубы составляет 2800 долларов за тонну, а стоимость одной трубы достигает 500 тыс. руб. за единицу.

Это требует новых подходов и технологий, так как ранее применявшиеся системы выгрузки по опыту Западной Сибири, когда выгрузка труб осуществлялась плавкранами непосредственно в воду у необорудованного берега, где значительная их часть заносилась песком и илом и безвозвратно терялась, в современных условиях не подходят.

Завоз грузов первой очереди строительства трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» на участке Усть-Кут – Алдан выполняет ОАО «Осетровский речной порт».

ОАО «Осетровский речной порт» согласовал разгрузку вагонов и погрузку грузов в суда для строительства ВСТО: в период с ноября 2006 года по апрель 2007 года включительно 400 тыс. тонн, в том числе 260 тыс. тонн труб (или 42,5 тыс. штук); в период с мая 2007 года по август 2008 года – 620 тыс. тонн, в том числе труб – 450 (75 тыс. штук).

Осетровский речной порт имеет 19 причалов, оборудованных 38 портовыми кранами грузоподъемностью от 5 до 40 тонн и имеет опыт работы с трубной продукцией. Однако порт не занимается вопросами обустройства водных подходов к местам выгрузки. Основными пунктами доставки и выгрузки грузов и труб на первую очередь строительства намечались:

Верхнемарково – в 136 км от Усть-Кута по круглогодичной автодороге с твердым покрытием;

Киренск – 150 км от Верхнемарково (по левому берегу дороги нет, по правому берегу строится ОАО «Ленабамстрой»);

Чечуйск – 100 км (выгрузка плавкраном на естественный левый берег);

Петропавловск – 50 км (выгрузка плавкраном на естественный левый берег);

Коршуново – 150 км (выгрузка плавкраном на естественный левый берег);

Визирный – 120 км (выгрузка плавкраном на естественный левый берег);

**УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН**

Витим – 135 км (выгрузка плавкраном на естественный левый берег, работы ведет Сургутнефтегаз);

Ленск – 270 км (Чапаево, Мача – выгрузка плавкраном на естественный левый берег), в самом порту есть благоустроенные причалы;

Олекминск – 400 км (по разгрузке данных нет, вероятно - выгрузка плавкраном на естественный берег).

В местах разгрузки на естественный берег требуется подработка береговой части. Работы ведет (в том числе по договору с ООО «Островная Судходная Компания») ГБУВПиС – государственное бассейновое управление водных путей и судоходства.

Как видно из приведенной информации (таблица 1), выгрузка труб на естественный берег имеет место при прокладке первой очереди трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» на участке «Усть-Кут – Алдан».

Таблица 1 – Предварительные сведения по приемке и размещению трубной продукции по станциям и портам выгрузки на участки строительства трубопроводной системы «ВСТО» «Усть-Кут – Талакан» и «Талакан - Алдан»

Участок	Труба		Всего, км	В том числе по станциям приемки трубы, км						Отправка речным транспортом за навигацию, км
	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм		Ручей	Осетровский ПДК	Осетровский речной порт	Алроса-Терминал	УМТС АК Алроса	Киренск	
Участок «Усть-Кут - Талакан»	1067	–	541,88	82,5	0,0	52,8	108,3	62,0	200,38	
	1220	–	1,4	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	
	1067	11	142,78			17,7	64,7		51,1	9,3
		14	157,72	40,5		35,1	30,8		46,1	5,2
		17	89,28					24,9	54,28	10,1
		20	149,50	42,0			12,0	37,1	47,1	11,3
		21	1,00						1,0	
	25	1,60				0,8		0,8		
1220	24	1,40			1,4					
Участок «Талакан - Алдан»	1220	13	163,87		163,87					
		16	132,63		132,63					
		19	234,24				234,2			
		22	146,75			146,8				
		24	138,01			138,0				
		26	0							
		27	2,2			2,2				

Всего за период с октября 2006 года по август 2007 года труб диаметром 1220 мм доставлено 208476,2 тонн (318 км); труб диаметром 1067 за аналогичный период доставлено 244903,6 тонн (411,5 км), причем завоз труб диаметром 1067 мм пришелся на период декабрь 2006 – май 2007, основные работы велись в марте и мае 2007 года; трубы же меньшего диаметра завозились в основном с марта 2007 по август 2007 года, а пик активности завоза пришелся на период май – июль 2007 г (около 70% всего завоза труб данного диаметра).

При расчете потребности перевозки материально-технических ресурсов по реке Лена из Осетровского речного порта в навигацию 2007 по причалам выявилось: на причалы Мурья, Салдыкель и Нюя требуется по 30 труб диаметром 1220 мм (21,2 т на каждый причал); на Олекминск и Олекминск-Нефтебаза – по 21 трубе; на причал Первомайский – 60 труб, а на причалы Ленск, Турукта, Нерюктей-1 и правый берег Лены в районе п. Солянка – около 100 труб на каждый причал. Итого по всем причалам требовалось завезти за навигацию 606 труб диаметра 1220 мм.

Труб диаметра 1067 мм требовалось 2608 штук. Исходя из расчетов, можно сказать, что для единовременной отправки труб диаметром 1067 мм необходимы:

- 13 барж пр. Р56 (при загрузке в 3 яруса) и 7 аналогичных барж при загрузке в 6 ярусов;
- 4095 п.м. необрезной доски;
- 39 м³ бруса сечением 180×160;
- 20651 кг ленты резиновой сечением 200×20;
- 21502 кг мягкой межярусной прокладки;
- 9620 кг мягких накладок на клинья;
- 351 кг гвоздей.

Опыт первой навигации массового завоза труб для системы ВСТО свидетельствует, что во взаимоотношениях заказчиков-клиентов и речного транспорта как перевозчика пока явно недостаточно необходимого взаимопонимания и деловитости. У заказчика нет четкого представления об особенностях структуры речного транспорта, в частности о том, что капитаны речных судов не имеют права «свободно» подходить в любом месте к берегу, что для этого необходимо соответствующее обустройство водных путевых подходов с предварительной подготовкой судоходных трасс, оборудованием их знаками судоходной обстановки, швартовыми устройствами и т.п. и что этим на водных путях занимается специальное государственное унитарное хозяйственное подразделение ГУП «Бассейновое управление водных путей и судоходства». Невыполнение этих работ или игнорирование существующих требований чревато аварийными ситуациями и большими потерями и порчей груза и т.п.

Судя по материалам сайта [2] заказчика пугают большие затраты на вспомогательные материалы для крепления груза (труб) на судах в соответствии с требованиями и правилами перевозки. Эти крепежные затраты на первый взгляд кажутся действительно внушительными (таблица 2), однако, в сопоставлении со стоимостью самих труб, как нетрудно посчитать, они составляют сущую мелочь, но абсолютно необходимым для обеспечения сохранности самого груза (труб). Из-за объективно существующих условий качки судов на волнении и т.п.

Место внимательного изучения конкретных реальных особенностей деятельности речного транспорта и своевременного исполнения объективных требований, заключения договоров на обустройство водных подходов и специальных причалов и т.п. у заказчиков наблюдается абсолютно непрофессиональная и дилетантская тяга к фантазерству о «решении проблем» некими «наработками по тримаранам», которые якобы обеспечат «высокую надежность мореплавания», «способны сократить время погрузки-разгрузки-перегрузки на порядок...методом шлюзования» и «свободно могут обслуживать потребителей, расположенных как на больших, так и на средних, малых реках, т.е. расширяют транспортную доступность до отдельного пункта», хотя пока еще не вышли даже из стадии экспериментов. Естественно, что подобная «маниловщина» не содействует нормальному решению тех больших и ответственных задач, которые возникают в связи со строительством системы ВСТО.

Со стороны речников-перевозчиков также пока превалирует тяга к решению новых проблем старыми «дешевыми» средствами – выгрузкой дорогостоящих современных труб плавкраном на естественный необорудованный берег, что в большинстве ситуаций не решает реальных проблем, а перекладывает их на заказчика-клиента, или даже усугубляет их и создает новые, дополнительные: необходимость постоянной подсыпки и перемещения береговой полосы в связи с падением уровня воды, порча труб, споры при передаче груза, наблюдение за положением плавкрана и принятие дополнительных мер по его перемещению.

В связи с тем, что прибрежная пойма реки Лены не такая болотистая и низменная как у реки Оби, использование подобной технологии естественно здесь более приемлемо, однако, принципиальные ее недостатки остаются.

**УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН**

Весьма важной для перевозчика также вопрос рационального использования перегру-
зочной техники вследствие сравнительно малого навигационного оборота отдельных пунк-
тов выгрузки труб. Выше показано, что этот грузооборот колеблется от 20 до 40-80 тыс. т,
т.е. явно недостаточно для производительного использования существующих плавкранов.
При этом пока выбор местоположения, а следовательно, и обусловленной этим величины
грузооборота каждого места выгрузки труб (причалов) производится явным предпочтением
заказчика и недостаточным учетом интересов перевозчика, и как показал опыт навигации
2007 г, без детального экономического обоснования и всестороннего учета всех влияющих
факторов.

Таблица 2 – Сведения по поставке основных МТР для программы «Восточная
Сибирь – Тихий океан» (линейная часть протяженностью 1700 км)

Код	Наименование материалов и оборудования	Ед. изм.	Всего по участку	Масса 1 ед., т	Общая масса, т
10000	Трубная продукция	км	1700	522	886625
15000	Отводы горячего гнутья	шт.	3163	5	15815
17501	Отводы ОКШ	шт.	228	0,5	114
18501	Тройники ТШС	шт.	164	0,6	98
19501	Переходы ПШС	шт.	47	0,2	9
19601	Днище ДШ	шт.	406	0,15	61
30000	Провод АС	т	330		330
40100	Блок-боксы ПКУ линейной ТМ	шт.	238	8	1901
40200	Протяженные анодные заземлители	км	14	2,4	35
40200	Протяженные анодные заземлители	шт.	793	1,44	1142
40201	Глубинные анодные заземлители	шт.	257	0,2	51
40205	Пункты секционирования	шт.	242	0,8	191
40207	Разъединители (РЛНД)	шт.	1295	0,1	129
40208	Ограничители перенапряжения	шт.	2362	0,1	236
40209	Комплектные распределительные устройства	шт.	8	2	17
40210	Комплексные трансформаторные подстанции	шт.	58	1,7	98
40211	Дизельные электростанции	шт.	5	2,675	13
40212	Выпрямители	шт.	94	0,12	11
41100	Емкость и резервуары подземные	шт.	14	6	86
42001	Шкафы ТМ	шт.	190	0,15	28
45000	Камеры запуска СОД	шт.	86	32	2752
47000	Запорно-регулирующая арматура	шт.	72	0,3	22
50000	Запорная арматура	шт.	744	32	23808
60000	Манжеты	шт.	193184	0,02	3864
64000	Труба полиэтиленовая для микротоннелей	м	9126	0,1	913
68000	Полимерно-контейнерное балластирующее уст- ройство (ПКБУ)	шт.	17003	0,5	8501
69000	Контейнер текстильный (КТ)	шт.	9359	0,2	1872

Безусловно, что определенный приоритет заказчика, как потребителя, в решении этого вопроса необходим, однако необоснованный его диктат, на наш взгляд, также недопустим.

В связи с этим, представляется наиболее обоснованный подход к этому вопросу на основе следующих положений:

– комплексный учет всех непосредственно связанных с ним, т.е. релевантных полных экономических издержек, как заказчика, так и речного транспорта;

– в качестве базового перегрузочного комплекса учитывать плавучий кран в сочетании со стоечным дебаркадером на основе баржи грузоподъемностью 1000-1500 т, оборудованной для временной промежуточной укладки труб с прибывшего судна и минимально необходимых помещений для размещения приемосдатчиков и экипажа плавкрана;

– для обеспечения нормальной работы перегрузочного комплекса движения и стоянки транзитных судов под грузовыми работами должны предусматриваться разработка водного подхода с необходимыми габаритами пути и судоходной обстановкой, а также кусты деревянных свай;

– для обеспечения наиболее тесной увязки экономических интересов участников с приоритетным положением потребителя использовать принцип арендных отношений. Все затраты учитывать по величине договорных цен или полных экономических издержек для заказчика;

– передача труб с временного склада на берег и перемещение их по трассе трубопровода осуществляется техническими средствами и рабочей силы клиентов.

Таким образом, такой подход позволит обоснованно выбрать наиболее рациональное размещение на каждую предстоящую навигацию мест выгрузки труб с судов и количество таких пунктов (причалов) с минимальными затратами для клиента – потребителя на основе экономической модели

$$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} Z_{ij} = \min ,$$

где Z_{ij} – величина затрат по всем пунктам намечаемой выгрузки труб ($i = 1, n$), и составным их элементом ($j = 1, m$);

i – порядковый номер (признак) пункта выгрузки;

j – порядковый номер (признак) составных элементов деятельности каждого пункта (водные подходы по видам работ – дноуглубление, обстановка, швартовые сваи; перегрузочный комплекс; стоянки флота у причала; выгрузки труб, развоз труб по трассе и др.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.transneft.ru/magasin/tema2005_7_1.shtm [Электронный ресурс].
2. Специальные технические требования на трубы для нефтепровода Восточная Сибирь - Тихий Океан. Москва, 2005 /версия 1/ред. 09.2005/ - СТТ-08.00-60.30.00-КТН-035-1-05;

ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ПОДТЁСОВСКАЯ РЭБ ФЛОТА»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Т.А. Зрелкина

Проведено исследование современного состояния норм труда.

Нормы труда в условиях рынка призваны ориентировать предприятие на получение высоких конечных результатов своей производственно-хозяйственной деятельности. Прежде всего, они должны быть по своим значениям научно-обоснованными и прогрессивными, реальными и стабильными, едиными и равнонапряжёнными. Снижение качества норм труда искажает зависимость заработной платы от результатов работы, а также качество расчётов, осуществляемых с помощью норм (производственных заданий, численности работников и др.). Оценка фактического уровня качества норм труда была проведена на предприятии ОАО «Подтёсовская РЭБ флота». Организация труда на судоремонтном предприятии имеет свою специфику:

- многообразие номенклатуры выполняемых работ при их незначительной повторяемости в течение года в условиях мелкосерийного производства;
- неравномерность судоремонтных работ в течение календарного года;
- большой объём работ, который выполняется вне помещений цехов – на судах.

По характеру выполняемой работы цеха делятся на основные – котельно-корпусный цех (ККЦ), монтажно-механический (ММЦ), деревообрабатывающий участок (ДОУ); вспомогательный – береговой производственный участок (БПУ); обслуживающие основное производство – ремонтно-механический цех (РМЦ), энергоцех, кислородная станция, слип и др.

Показатели производственного плана по цехам приведены в таблице 1. Анализируя производственные показатели работы основных цехов можно отметить, что фактическая трудоёмкость товарной продукции превышает плановую, например, по цеху ККЦ на 15349 нормо-часов или на 117% в 2006 г. При этом выработка на рабочего составила 143 % к месячному фонду.

Таблица 1 – Показатели производственного плана Подтёсовской РЭБ флота

Название цеха	Выполнение	Планируемая трудоёмкость товарной продукции, н/час	Процент выполнения	Выработка на рабочего, н/час	В процентах к месячному фонду
1	2	3	4	5	6
Производственный план на 2004 год					
ККЦ	по плану	82734		166	
	фактически	79606	96	184	111
ММЦ	по плану	74619		166	
	фактически	53521	72	172	103
ДОУ	по плану	33401		166	
	фактически	36547	109	169	102

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
ЭРНК	по плану				
	фактически	1904			
РМЦ	по плану	7439		166	
	фактически	7434	100	177	107
ЦТЭФ	по плану	105019		166	
	фактически	130119	124	190	114
БПУ	по плану	15880		166	
	фактически	20188	127	210	127
ИТОГО	по плану	319092		166	
	фактически	329319	102	186	112
Производственный план на 2005 год					
ККЦ	по плану	83155		167	
	фактически	92498	111	195	117
ММЦ	по плану	39117		167	
	фактически	43815	112	159	95
ДОУ	по плану	23880		167	
	фактически	28668	120	184	110
ЭРНК	по плану				
	фактически	1470			
РМЦ	по плану	3484		167	
	фактически	4168	119	173	104
ЦТЭФ	по плану	115308		167	
	фактически	132703	115	156	93
БПУ	по плану	16306		167	
	фактически	19972	122	166	100
ИТОГО	по плану	281249		167	
	фактически	323287	115	170	102
Производственный план на 2006 год					
ККЦ	по плану	92665		166	
	фактически	108014	117	237	143
ММЦ	по плану	61315		166	
	фактически	56218	92	187	113
ДОУ	по плану	27532		166	
	фактически	34363	125	191	115
ЭРНК	по плану				
	фактически	1931			

**ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ
НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ПОДТЁСОВСКАЯ РЭБ ФЛОТА»**

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
РМЦ	по плану	5573		166	
	фактически	6349	114	168	101
ЦТЭФ	по плану	134376		166	
	фактически	152016	113	159	96
БПУ	по плану	25600		166	
	фактически	25607	100	194	117
ИТОГО	по плану	347861		166	
	фактически	384498	110	482	110

Для установления затрат труда по выполнению производственного задания на предприятии применяются технически-обоснованные нормы труда. Сведения о нормах труда по характеру обоснования за 2006 г. приведены в таблице 2. Нормативной базой для установления норм труда являются нормативными сборники, например, по профессии судокорпусник – ремонтник: «Нормы времени на ремонт корпусов металлических судов», часть I, 1990 г.; «Нормы времени на такелажно-транспортные работы», 1988 г.; «Укрупнённые нормативы времени на судокорпусно - заготовительные работы», 1989 г.

Таблица 2 – Сведения о нормировании труда по характеру обоснования

Категория работников	Фактическая численность, чел.	в т.ч. работников, труд которых нормируется			
		всего		по технически-обоснованным нормам	
		человек	%	человек	%
Промышленно-производственный персонал	337	–	–	–	–
Рабочие сдельщики (основные)	78	78	23,1	78	23,1
Рабочие-повременщики (вспомогательные)	98	28	10,8	28	10,8

Для оценки фактического уровня качества норм был проведён оперативный их анализ по цеху ККЦ. Объектом изучения явились материалы по выполнению норм, нормируемых заданий рабочих-сдельщиков по профессии судокорпусник-ремонтник. При выполнении данного вида работ фактические затраты составляют 375,78 чел · час при норме времени 204 н/час, что составляет 184,0 % от плана. По отчётным статистическим данным о фактическом выполнении норм выработки группы из 33 человек были составлены вариационные ряды для каждого квартала анализируемого 2006 года. Фрагмент расчёта показателей вариационного ряда за первый квартал приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Фрагмент расчёта показателей вариационного ряда за первый квартал 2006 года

Средний интервал выполнения норм, % (x)	Удельный вес рабочих в интервале, % (n)	(x · n)	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²	$\frac{n}{(x - \bar{x})^2}$
1	2	3	4	5	6
95,0	8,5	807,5	-91,7	8408,9	71475,6
102,5	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
107,5	–	–	–	–	–
115,0	10,2	1173,0	-71,7	5140,9	52437,1
125,0	3,3	412,5	-61,7	3806,9	12562,8
135,0	6,8	918,0	-51,7	2672,8	18175,6
145,0	10,2	1479,0	-41,7	1738,9	17736,7
155,0	3,3	511,5	-31,7	1004,9	3316,1
165,0	1,7	280,5	-21,7	470,9	800,5
175,0	6,8	1190,0	-11,7	136,9	930,8
185,0	5,1	943,5	-1,7	2,9	14,7
195,0	6,8	1326,0	8,3	68,9	468,5
205,0	5,1	1045,5	18,3	334,9	1707,9
215,0	1,7	365,5	28,3	800,9	1361,5
225,0	8,5	1912,5	38,3	1466,9	12468,6
235,0	1,7	399,5	48,3	2332,9	3965,9
245,0	–	–	–	–	–
255,0	1,7	433,5	68,3	4664,9	7930,3
265,0	1,7	450,5	78,3	6130,9	10422,5
275,0	–	–	–	–	–
285,0	5,1	1453,5	98,3	9662,9	49280,7
295,0	3,3	973,5	108,3	11728,9	38705,3
305,0	8,5	2592,5	118,3	13994,9	118956,6
Итого	100,0	18668,0	–	74571,1	422717,7

На основе расчётов вариационных рядов по каждому кварталу определено среднеквадратичного отклонения норм, средневзвешенный процент их выполнения и коэффициент качества норм (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты расчётов качества норм труда по кварталам

Показатель	Квартал			
	1	2	3	4
Средневзвешенный процент выполнения норм выработки, %	186,7	196,4	161,9	174,9
Среднеквадратичное отклонение процента выполнения норм выработки	62,6	65,3	43,2	50,8
Коэффициент качества норм труда	0,665	0,667	0,728	0,710
Напряжённость норм труда	0,535	0,510	0,630	0,572

Коэффициент качества норм труда определяется по следующему выражению:

$$K_k = 1 - \frac{\sigma}{n},$$

где σ – среднеквадратичное отклонение процента выполнения норм выработки, %;

n – средневзвешенный процент выполнения норм выработки, %.

Также был определён показатель напряжённости норм. Напряжённость норм – это сте-

пень соответствия их величины необходимому времени:

$$K_n = \frac{100}{\bar{x}}$$

где \bar{x} – средняя арифметическая величина, %.

В связи с тем, что нормы труда в течение длительного времени (с 1989-1992 гг.) и по настоящее время оставались неизменными, поэтому показатель напряжённости норм труда низок.

Эти величины не отвечают установленным требованиями точности ± 5 ; ± 7 ; ± 10 ; ± 15 ; $\pm 20\%$, что даёт необходимым провести пересмотр норм для приведения их в соответствие с изменившимся необходимым временем.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ МАРКЕТИНГОВОЙ МОДЕЛИ В ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКЕ

Д.В. Попкова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Проанализирована необходимость и изложены особенности применения многофакторной маркетинговой модели в тарифной политике ОАО «ЕРП».

Новый Прейскурант №14-01 «Тарифы на перевозки грузов и буксировку плотов речным транспортом» был введен в действие с 1990 года. Тарифы в этом Прейскуранте рассчитывались по объемам перевозок, затратам флота и себестоимости этих перевозок, полученным по результатам проведенного статистического наблюдения в навигацию 1988 года.

Тарифы Прейскуранта не позволяют учитывать результаты маркетинговых исследований. Любые корректировки существующих тарифов возможны только в пределах, устанавливаемых администрацией края.

Исходя из этого, взаимодействие транспортных компаний и государственных регулирующих органов должно сводиться к выработке конструктивной тарифной политики, соблюдающей как интересы государства, так и крупных судоходных компаний.

В целом, с маркетинговой точки зрения, целесообразно формировать грузовые тарифы на речном транспорте на базе следующей модели:

$$T = f(S_\phi, Q_n, G_{r_k}^n, l_k, N_{c-ч_k}^{пг(вг)}, \mu, r, K_k),$$

где T – тариф за перевозку единицы груза;

S_ϕ – эксплуатационные расходы;

Q_n – размер грузопотока за операцию;

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

k – род груза;

l_k – расстояние перевозки;

$N_{c-ч_k}^{пг(вг)}$ – соответственно судо-часовые нормы погрузки и выгрузки;

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

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

K_k – показатель, характеризующий качество перевозок.

Применение многофакторной модели предприятиями водного транспорта рекомендуется осуществлять на основе схемы формирования персонафицированной тарифной политики

(рисунок 1).

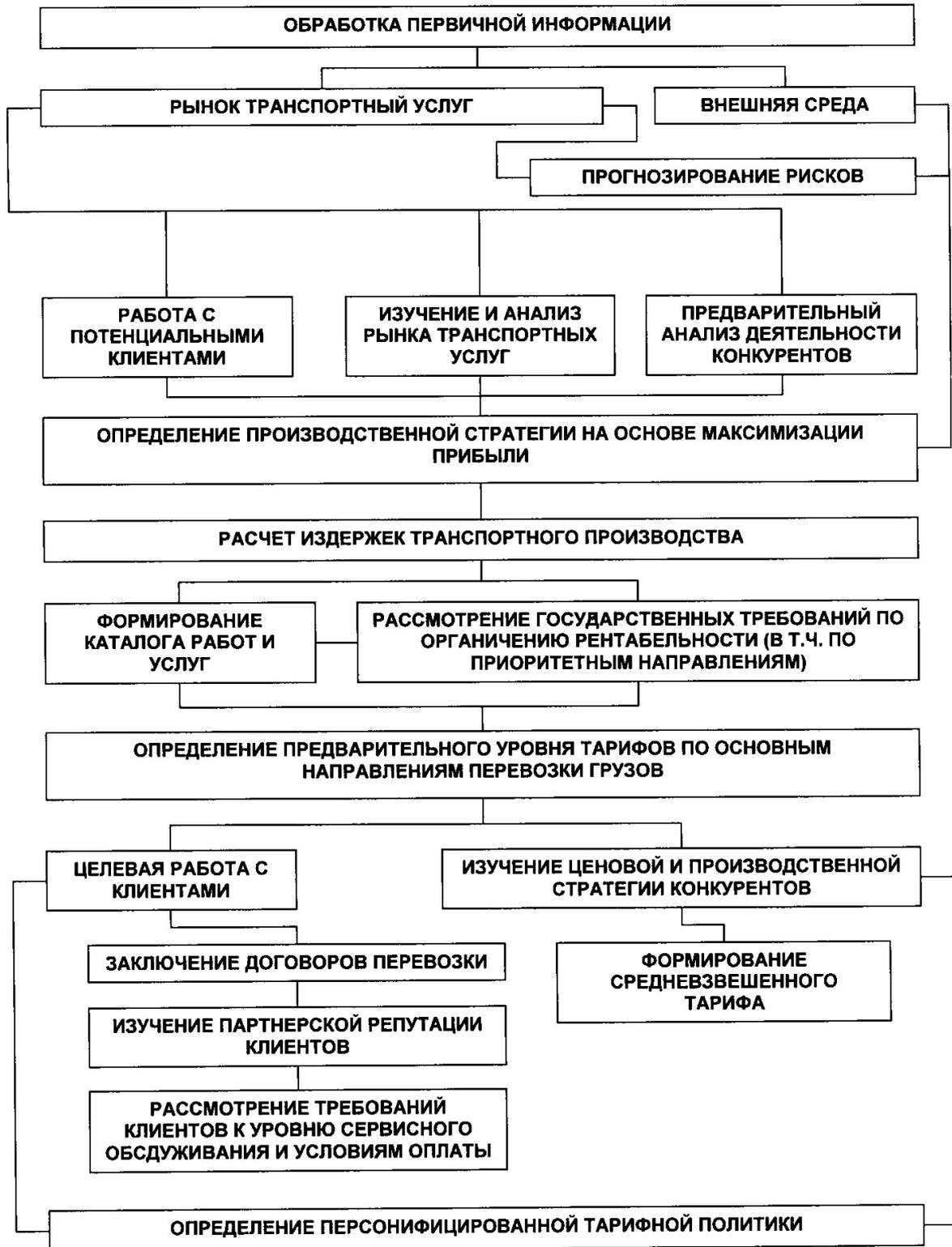


Рисунок 1 – Схема формирования персонализированной тарифной политики

Поэтапный расчет базового тарифа и себестоимости перевозки, в соответствии с утвержденной тарифной политикой пароходства, представлен в таблице 1.

Наиболее вероятный тариф, рассчитанный на основе многофакторной модели приме-

**ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ МАРКЕТИНГОВОЙ МОДЕЛИ
В ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКЕ**

нительно к особенностям хозяйственно-экономической деятельности ОАО «ЕРП» представляет собой себестоимость перевозки с учетом допустимой нормы рентабельности и корректирующих коэффициентов. Применяемые при расчете коэффициенты учитывают клиентскую репутацию грузоотправителей, физические и эксплуатационные условия навигации, цену перевозки конкурентов.

Коэффициент, учитывающий природные особенности перевозки грузов, рассчитанный на основе данных о физических и эксплуатационных условиях навигации можно принять равным единице для всех направлений перевозки.

Корректировка грузового тарифа с учетом цен конкурентов производится в случае, если разница между грузовыми тарифами преysкуранта 14-01 и пароходства составляет не менее 30%. Величина корректирующего коэффициента будет варьироваться от 0,84 до 0,58 в зависимости от рода груза и конкурента по данному направлению перевозки.

Таблица 1 – Расчет себестоимости и грузового тарифа с учетом желаемой рентабельности

Показатель	Расчет показателя по направлениям перевозки			
	1	2	3	4
Пункт отправления	Кокуй	Кокуй	Лесосибирск	Лесосибирск
Пункт назначения	Назимово	Лесосибирск	Назимово	Назимово
Расстояние, км	379	190	220	220
Род груза	уголь	уголь	уголь	уголь
Количество т.т.	106	106	106	106
Тяга:				
Тип	P-14	P-14	PT	PT
Мощность, л.с.	450	450	600	600
Состав:				
Тип	PB-1800×2	PB-1800	PB-1800	PB-1800
Количество ед.	2	2	2	2
Грузоподъемность, т	3600	3600	3600	3600
Загрузка, т.	1000	1000	2000	2000
Количество отправок	106	106	53	53
Период отправки, сут.	128	128	128	128
Общий период, сут.	128	128	128	128
Частота отправки	0,83	0,83	0,4	0,4
$t_{кр.тяги}$, сут.	6,8	3,68	3,5	3,5
$t_{кр.тонножа}$, сут.	6,8	3,68	5	5
Количество тяги, ед.	5,6	3	1,4	1,4
Количество тонножа, ед.	11,3	6,1	4,1	4,1
Судо-сутки тяги	721	390	186	186
Судо-сутки тонножа	1441,6	780,2	530	530
Себестоимость тяги, тыс.руб./сут.	38,3	38,3	46,4	46,4
Себестоимость тонножа, тыс.руб./сут.	5	5	5	5
Расход тяги, тыс.руб.	27621,1	14947,87	8607,2	8607,2
Расход тонножа, тыс.руб.	7150,3	3869,6	2628,8	2628,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Всего расходы, тыс.руб.	34771,4	18817,5	11236
Себестоимость руб./т.	328	177,5	106
Тариф с учетом рентабельности:			
Рентабельность 5%	344,40	186,38	111,30
Рентабельность 10%	360,80	195,25	116,60
Рентабельность 15%	377,20	204,13	121,90
Рентабельность 20%	393,60	213,00	127,20
Рентабельность 25%	410,00	221,88	132,50
Тарифы прейскуранта 14-01	264,08	181,68	189,78
Наиболее вероятный тариф	264,08	181,68	132,50

Полученный расчетный тариф направлен на развитие экономических отношений с грузоперевозчиками, учет эксплуатационных условий перевозки и в соответствии с постановлением администрации Красноярского края не может быть выше тарифа, рассчитанного на основе прейскуранта 14-01 с учетом повышающих коэффициентов.

Основной причиной не предъявления груза к перевозке грузовладельцем является завышенный тариф на перевозку, предъявляемый паромством, и одновременно сокращение грузовых тарифов конкурентов. Корректировка тарифов ОАО «ЕРП» позволит увеличить выполнение договорных обязательств до 95% от заявленного.

Процесс «Маркетинг продукции» является неотъемлемой частью рекомендованной к применению персонализированной политики предприятия по отношению к клиентам.

Назначение данного процесса заключается в поддержке принятия управленческих решений на стратегическом и оперативном уровне, связанных с производством, сбытом и продвижением продукции, на основе анализа рыночной ситуации и изучения потребностей потребителей.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

И.Г. Фюттик, Н.Н. Путилова

Ключевым звеном, определяющим решение большинства проблем развития страны и модернизации российской экономики, повышения ее конкурентоспособности, и в первую очередь, как необходимый элемент для достижения устойчивого экономического роста отечественного производства в реальном секторе экономики, может выступать система управления рисками.

Актуальность постановки проблемы вытекает из того, что в современных условиях не уделяется должного внимания различным видам рисков, поэтому следует перестроить систему риск-менеджмента с учетом вероятности рисков сквозным образом, то есть на всех этапах управления рисками. В данной статье рассмотрена необходимость оценки рисков, которая должна являться составной частью общей политики управления рисками с учетом потребностей участников хозяйственного процесса. Общая политика управления рисками должна согласовываться с общими целями и задачами конкретного предприятия. Главной целью политики управления рисками является успешное функционирование предприятия в

условиях риска и неопределенности.

Одним из важнейших параметров, характеризующих состояние экономики страны, является деловая активность и как следствие объем финансовых ресурсов в основной капитал. Данная деятельность в форме капитальных вложений является важнейшим элементом общественного производства, без них немислимо воспроизводство. Это не только замена выбывающих в процессе естественного износа средств труда, но и увеличение мощностей производства, расширение индустриально-строительной деятельности. В условиях рыночных отношений возрастающая роль принадлежит экономической науке в области вложений, формирования и развития инструментария управления рисками хозяйственной деятельности. От того, как российская экономика будет использовать, и совершенствовать этот инструментарий, в значительной степени зависит развитие инновационных процессов и финансовое состояние государства в целом, как на современном этапе, так и в обозримом будущем.

Инструментарий экономической науки в области управления рисками производственно-финансовой деятельности должен активно применяться на практике. Он постоянно развивается и совершенствуется под влиянием изменяющейся экономической ситуации. Возрастающие запросы хозяйствования влекут за собой пересмотр изменяющегося и создание нового инструментария. Параллельно с практикой сама наука развивает современный инструментарий, исходя из потребностей, обусловленных экономической ситуацией.

Экономика России переживает период глубоких институциональных преобразований, осуществляющихся как на макро-, так и на микроуровнях. Основой этого процесса является адаптация всех экономических субъектов к рыночным условиям хозяйствования. В этой ситуации растет неопределенность в производственно-финансовой деятельности организаций, что требует разработки новых принципов управления хозяйственной деятельностью с учетом рисков.

Существенное влияние на разработку подходов к управлению рисками хозяйственной деятельности оказывают общемировые тенденции развития теории и практики корпоративного управления и управления бизнес-планированием. Однако у российских организаций при осуществлении вложений в основной капитал возникают проблемы, не характерные для развитых стран. Технологическое отставание, низкое качество имущественного потенциала, неудовлетворительная финансовая устойчивость, утечка квалифицированных кадров из реального сектора экономики являются объективными причинами, характеризующими вложения в основной капитал (капитальные вложения) в России как рискованный вид деятельности.

Причинами того, что на практике вложения в основной капитал далеко не всегда приносят ожидаемый результат, являются нарушение принципов комплексности в управлении рисками и игнорирование таких особенностей финансово-хозяйственной деятельности как растянутость во времени (наличие нескольких фаз жизненного цикла проекта) и множественность участников. Практика показывает, что в настоящее время вложения в основной капитал осуществляется в соответствии с проектом, и задача управления рисками капитальных вложений должна решаться в ходе реализации этих проектов. Для решения этой задачи необходимо использовать весь накопленный опыт в управлении рисками и разработать такой подход, который позволит обеспечить выбор адекватных методов оценки и инструментов управления выявленными рисками для всех этапов и участников проекта (дифференцированный подход).

Развитие экономики отрасли не возможно без финансовых вложений, т.е. без инвестиций. В соответствии с Федеральным законом РФ «Об инвестиционной деятельности в РФ, осуществляемой в форме капитальных вложений» инвестициями являются денежные средства, целевые банковские вклады, паи, акции и другие ценные бумаги, технологии, машины, оборудование, лицензии, в том числе и на товарные знаки, кредиты, любое другое имущество или имущественные права, интеллектуальные ценности, вкладываемые в объекты предпринимательской и других видов деятельности в целях получения прибыли (дохода) и достижения положительного социального эффекта [3].

Инвестиционная деятельность направлена на развитие всех составляющих ее элемен-

тов, и, прежде всего, на формирование инвестиционных процессов. Инвестиционный процесс происходит в инвестиционной среде и заключается в движении финансовых ресурсов между субъектами. На субъект инвестиционного процесса оказывают влияние внешние и внутренние факторы (рисунке 1).



Рисунок 1 – Инвестиционная среда

К внешним факторам относятся: традиции, тенденции, политика и конъюнктура инвестиционных процессов в государстве. Внешняя среда инвестиционных процессов сформирована в результате исторических тенденций и традиций в экономике, а также определяется современной инвестиционной политикой и конъюнктурой на инвестиционном рынке. Именно внешняя среда оказывает первоначальное побуждающее влияние на цели и критерии инвестиционного процесса у субъектов (предприятий).

К внутренним факторам относятся: потребности, интересы, политика и стратегии субъектов инвестиционного процесса. Изменение цели и критериев инвестиций у участников инвестиционного процесса происходит также под воздействием внутренних факторов, прежде всего, из-за смены текущих и стратегических потребностей участников. Однако потребности участника являются той категорией, которая имеет слабоструктурированный и не стабильный характер. Потребности вызывают желание участника занять свое место в инвестиционном процессе и, как следствие, появление у него определенных интересов. При этом потребности носят разный характер и делятся на стратегические и текущие.

Стратегические потребности участника обусловлены долгосрочными целями развития экономической системы и укрепления своего места в ней. В отношении баланса интересов стратегические потребности более просто поддаются регулированию, так как во многом они совпадают, исходя из одинаковой логики долгосрочного развития всех элементов экономической системы и экономических законов, действующих на участников инвестиционного процесса. Регулирование баланса интересов облегчается также тем, что в стратегическом плане на первое место выходят такие показатели оценки эффективности инвестиций для каждого из участников, которые не приводят к конфликту между ними. Хотя и в этом случае могут быть коренные расхождения в оценке эффективности учета рисков и выборе варианта развития инвестиционного процесса. Важным моментом стратегического выбора является также то, что срок его реализации обычно превышает срок активной деятельности конкретных физических лиц - участников инвестиционных процессов, как бы снимая с них ответственность за точность достижения результатов инвестиционного процесса, что позволяет легче относиться к процедуре принятия управленческого решения.

Текущие потребности участников обусловлены краткосрочными целями, что приводит к

**НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

более жесткому регулированию процесса достижения баланса интересов всех участников. Обычно такая процедура связана с уступками всех или части участников для достижения общего согласия.

В качестве основных потребностей участников можно выделить следующие:

- финансовые;
- экономические;
- социальные;
- политические;
- экологические.

Каждая из данных потребностей в большей или меньшей степени присуща каждому из участников, однако вес их в общей структуре потребностей для каждого участника разный. Именно соотношение долей потребностей определяет текущий и стратегический интерес каждого участника, который перерастает в инвестиционную политику и стратегию предприятия.

Активизация инвестиционной деятельности основана на формировании определенных мотиваций, т.е. относительно стабильной системы мотивов, определяющих поведение субъекта инвестиционного процесса. При этом в качестве мотивов выступают экономические интересы субъектов, отражающие разные стороны их деятельности.

Экономические интересы - побудительные мотивы хозяйственной деятельности субъектов экономической деятельности, обусловленные их местом в системе отношений собственности и общественного разделения труда.

В инвестиционной деятельности могут быть выявлены и реализованы следующие интересы.

Интересы владельца имущества – доходы и убытки (потеря прибыли) владельца, которые могут возникнуть в связи с владением имуществом в результате инвестиционного процесса.

Интересы инвестора - определяются инвестиционной стоимостью имущества - то есть изменением стоимости имущества в результате инвестиционного проектирования и инвестиционного процесса, которое может быть получено инвестором в качестве инвестиционного дохода.

Государственные инвестиционные интересы - интересы Российской Федерации и регионов РФ в обеспечении условий для устойчивого развития поселений и межселенных территорий; роста уровня жизни населения и выполнения социальных нормативов; функционирования государственных систем инженерной и транспортной инфраструктур; сохранения природных ресурсов.

Общественные инвестиционные интересы - основаны на теории «регулирования в интересах общества», предположении, согласно которому цель регулирования экономики заключается в развитии и защите общества от неэффективного использования инвестиционных ресурсов, приводящего к их истощению.

Действие механизмов регулирования инвестиционной деятельности зависит от условий их реализации. Следует отметить, что такие условия проявляются на всех уровнях управления экономикой. Практически трудно найти абсолютно идентичный объект инвестиционной деятельности на микро, мезо- и макроуровнях. Специфика условий реализации инвестиционных процессов в регионах в последнее время проявляется особенно отчетливо.

Достаточно хорошо отлаженная плановая система с четкой структурой экономических взаимоотношений в 80-х годах XX века начала испытывать первые сбои. Уже тогда стало понятно, что одной из основных причин дисбаланса является попытка внедрить в действующую систему чужеродные ей элементы: самостоятельное хозяйствование, свободное и частичное регулируемое ценообразование, выбор номенклатуры выпускаемой продукции. Мероприятия, задуманные для совершенствования экономической системы, на деле разбалансировали систему в целом.

Кроме того, нарастание нестабильности и стратегических изменений на микроуровне не всегда сопровождается такими же изменениями и на макроуровне, или, по крайней мере, такие изменения запаздывают во времени. Это приводит к тому, что начинают действовать

другие инвестиционные механизмы, развивая инвестиционные возможности.

Изменения общественно-экономических отношений, произошедшие в 80-90-х годах, по идее, должны были на место существующей экономической системы поставить новую, основанную на другом характере экономики. Для этого была запущена часть экономических механизмов и перестроена система, которая в целом, как предполагалось, должна была привести к цепной реакции стратегических изменений в экономике, которые безболезненно привели бы к окончательным изменениям. Естественно, предполагалось провести эти изменения «на ходу», так как остановка такой системы невозможна. Однако теперь можно говорить о том, что цепочка стратегических изменений не была запущена. Реформы были остановлены даже не на половине, а в самом начале пути. Причин этому несколько и главная из них - социальная. Государство, для того чтобы выполнить свою основную функцию - обеспечение жизнедеятельности, населения, вольно или невольно, было вынуждено притормозить структурные изменения экономической системы. Был остановлен запуск многих экономических механизмов, а некоторые из них даже остались на стадии проектирования.

В данное время речь идет о том, что настал момент для реализации экономических механизмов, регулирующих рыночные отношения во всех областях деятельности. Именно в этом и должна состоять стратегия долгосрочного развития.

Традиционно ведущую роль в региональных финансово-хозяйственных процессах России играло государство, проводившее свою инвестиционную политику. Исторически в разные эпохи это было обусловлено политическими, военными, экономическими, социальными и другими предпочтениями. Определенную роль государства подчеркивали и разные мировые экономические школы. Существует две основные концепции, обосновывающие роль государства в инвестиционном процессе.

Первая концепция – экономический либерализм подчеркивал равные рыночные возможности всех инвесторов. Основная роль отводилась процессу накопления капитала и запасов капиталистами. Государство в этом подходе выступает только как один из участников инвестиционного рыночного процесса, равноправный по своим возможностям, а регулирование инвестиционного рынка происходит стихийно, под действием рыночных механизмов. Такой подход со временем накопил множество вопросов и проблем и практически сразу показал неэффективность полного устранения государства от задачи регулирования инвестиционного процесса.

Второй подход предусматривает определенное вмешательство государства в экономические процессы. Идеологией такого подхода является возможность централизованного управления производством и распределением материальных и социальных благ и обеспечение ускоренных сдвигов в экономике. При этом в разных странах действовали разные модели государственного регулирования, в большей или меньшей степени сдерживая рыночность. Основой кейнсианского подхода, получившего распространение в ряде экономических школ, является регулирование эффективного спроса и, в первую очередь, инвестиций для обеспечения макроэкономического равновесия, хотя Дж.Кейнс не отрицал возможность регулирования потребления. Основное внимание у Дж.Кейнса уделяется совокупным расходам и их элементам:

$$Y = C + I + E - J + G, \quad (1)$$

где Y – уровень экономической активности;

C – потребление;

I – инвестиции;

E – экспорт;

J – импорт;

G – государственные расходы [2].

Преобразованное уравнение Дж.Кейнса отражает сущность инвестиционного процесса, цель регулирования которого – приведение потребления и инвестиций в некое соответствие и достижение равновесия:

$$S - I = (G + T_r - T) + NX, \quad (2)$$

где S – накопления (сбережения) населения и частного сектора;

**НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

- I – инвестиции;
- G – государственные расходы;
- T_r – трансфертные платежи;
- T – налоги;
- NX – чистый экспорт.

Таким образом, если любой из секторов экономики тратит больше, чем получает, то он должен занимать в долг у другого сектора экономики для покрытия излишка расходов. Возникновение необходимости в ограничении своих расходов и приводит к возникновению противоречий между целями развития, возможностями его ресурсного обеспечения для каждого участника экономической деятельности.

Вполне очевидно, что в рамках инвестиционного процесса затрагиваются цели и интересы различных экономических субъектов, через координацию которых и проявляется управление инвестиционными процессами.

Выделяя интересы населения, государства, частных фирм, преобразованием вышеприведенного уравнения (2), будет являться следующее уравнение равновесия:

$$(S_p + S_f) - (I_p + i_f) = (G_t + G_i + T_r - T) + NX, \quad (3)$$

- где S_p – накопления населения;
- S_f – накопление частных фирм;
- I_p – инвестиции населения;
- i_f – инвестиции фирм;
- G_t – государственные текущие расходы;
- G_i – государственные инвестиционные расходы.

Выделяя в полученном равенстве отдельно инвестиционную составляющую, получим уравнение баланса инвестиционных расходов и сбережений:

$$I_p + i_f + G_i = S_p + S_f + T - NX - G_t - T. \quad (4)$$

Основной задачей инвестиционной политики является обеспечение баланса инвестиционных ресурсов в краткосрочном и долгосрочном периодах и обеспечение определенного роста валового внутреннего продукта, как результата инвестиционного процесса. Подобный баланс может быть обеспечен только при соблюдении интересов всех участников инвестиционного процесса. Сложившиеся подходы к определению роли государства сформировали определенные методы воздействия государства на инвестиционный процесс. Среди них можно выделить активные и пассивные методы.

Активные методы предполагают прямое участие государства в инвестиционном регулировании. Основными механизмами в данном случае являются: денежно-кредитная политика через процентную ставку и денежную массу; бюджетная политика через фискальный механизм и рынок ценных бумаг; прямые инвестиции государства, в том числе через создание государственной собственности. Соотношение данных механизмов в инвестиционной политике определяет способ макроэкономического регулирования и индивидуален для каждого государства в разные периоды.

К пассивным методам участия государства относятся разработки индикативных планов инвестиций с ориентацией предпринимателей на наиболее значимые для государства направления. При этом государство косвенно регулирует инвестиционные процессы.

Охвативший российскую экономику кризис начала 90-х годов наиболее остро затронул инвестиционную сферу. Это проявилось в быстром сокращении абсолютных объемов накоплений, существенном снижении их доли в национальном доходе, резком сокращении бюджетных ассигнований, уменьшении доли прибыли предприятий, направляемой на расширение производства. По существу, уже с конца 1990 года инвестиционная сфера оказалась в ситуации глубокого кризиса. Его истоки – это несостоятельность прежней модели административно-командного хозяйствования, непоследовательность и противоречивость принимавшихся в прошлом экономических решений, особенно в области территориального размещения производительных сил и формирования региональных экономических структур. Сказы-

валась негативно и чрезвычайная централизация всей инвестиционной политики. До середины 80-х годов действовал, по существу, один инвестор - государство. Им осуществлялось централизованное планирование и распределение капитальных вложений вплоть до отдельных предприятий. Развитие экономического и инновационного механизма инвестиционной сферы тормозилось её тесной привязкой к бюджетным источникам финансирования. На цели инвестирования практически безвозмездно выделялись колоссальные бюджетные средства, позволявшие из года в год расширять фронт строительных работ. Одновременно с этим из-за хронической недостаточности материально-технических ресурсов и мощностей строительной индустрии возрастали и масштабы незавершенного строительства. Продолжительность строительства в среднем по стране перешагнула нормативные сроки, вследствие чего инвестиционная деятельность практически превратилась в прогрессирующее воспроизводство устаревших технологий, избыточных рабочих мест и гипертрофированное накопление «незавершенки» [1].

Первоначальные прогнозы реформ, как в более радикальных, так и в более консервативных вариантах, предполагали снижение инвестиционной активности в стране, но только до некоторого рационального, экономически и социально-приемлемого уровня. Тем не менее, в данной сфере сказались не только и не столько несостоятельность экономических прогнозов, сколько частичная потеря управляемости экономикой страны. К сожалению, не нашлось ни централизованных, ни рыночных механизмов, способных остановить падение инвестиционной активности вниз свыше разумных пределов. В результате этого начальный этап рыночно-ориентированных реформ оказался явно не в состоянии преодолеть негативные тенденции в инвестиционной сфере российской экономики, в связи, с чем появилась необходимость выработки новой инвестиционной политики, направленной на увеличение роли субъектов федерации.

Таким образом, теряется возможность точного управления экономическим ростом по инвестиционному фактору. В настоящее время в оперативном периоде можно лишь говорить о сохранении влияния инвестиций на рост валового регионального продукта. Это произошло под влиянием ряда рыночных и структурных факторов, которые не стабилизировались до сих пор. Риски инвестиций в настоящее время позволяют оценить эту эффективность только вероятностно.

В любом случае необходимо обеспечить не только прирост доходов и сбережений, но и стабильный рост инвестиций по всем участникам инвестиционного процесса. Также очевидно, что связь между ростом сбережений и ростом инвестиций может быть усилена методами государственного регулирования и стимулирования. Роль государства в инвестиционном процессе, помимо прямого участия, как раз и состоит в поиске путей увеличения эффективности этой связи.

Современная финансово-хозяйственная политика должна быть гибкой или вариантной, так как текущий и перспективный этап развития экономики России и её регионов явно отмечен и далее будет характеризоваться усилением элементов неопределённости и весьма ограниченной предсказуемостью. Это объясняется факторами социально-политической неустойчивости, длительных национально-государственных преобразований, резкого изменения рыночных режимов. Важной посылкой к вариантности инвестиционной политики выступает то, что при ограниченных материальных и финансовых ресурсах наблюдается конкурентность различных приоритетов роста: общехозяйственных, социальных, экологических и других. Важность отдельных приоритетов будет варьироваться в связи, с чем гибкость инвестиционной политики является актуальной мерой.

Российская экономика должна мобилизовать необходимые ресурсы для активизации инвестиционного процесса как единственного условия для обеспечения устойчивого экономического роста. Особенно важно это в условиях регионализации и субфедерализации российской экономики, когда реальные инвестиционные процессы, прежде всего, находятся в зависимости от инвестиционной политики регионов и субъектов федерации. «Инвестиционный климат в стране формируется федеральными властями. Но в любом климате есть несколько вариантов погоды. А вот погоду как раз формируют местные власти» [4].

Следует выделить несколько основных субъектов инвестиционной деятельности, фор-

**НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

мирующих свою политику в рамках достижения целей (рисунок 2). Все участники инвестиционного процесса формируют свою инвестиционную политику. Рассмотрение реальных процедур формирования инвестиционных программ развития на всех уровнях позволяет выявить в суммарной инвестиционной политике приоритеты субъектов федерации. При реализации инвестиционной политики ее основным механизмом являются инвестиционные программы. В рамках существующего ныне законодательства основные финансовые поток и концентрируются на уровне регионов, в том числе и при выполнении федеральных, региональных и отраслевых программ социально-экономического развития. Органы управления на региональном уровне держат в своих руках нити финансового регулирования и контроля, что делает их уровень базовым для инвестиционной деятельности [3].



Рисунок 2 – Субъекты инвестиционной деятельности

За последние годы произошло изменение функций региональной инвестиционной политики: если ранее на уровне региона занимались в основном накоплением и распределением бюджетных финансовых ресурсов, то в настоящее время к ним добавились новые функции: поиска, привлечения и оптимального использования внебюджетных и бюджетных инвестиционных ресурсов. Региональная инвестиционная политика все больше принимает вид предпринимательства, обладая всеми признаками бизнеса, но при этом придерживаясь социальной направленности.

Таким образом, можно сделать вывод, что в регулировании инвестиционного процесса участвуют множество субъектов, проводящих свою инвестиционную политику. На рисунке 3 приведены основные инвестиционные финансовые потоки, сформировавшиеся в настоящее время.

Зачастую приоритеты участников инвестиционного процесса по своим объектам вступают в противоречие не только с интересами других участников, но и с собственными декларируемыми целями.

В России практика управления инвестиционными рисками только формируется. При этом имеется возможность заимствовать из мировой практики все новации в этой области, в последние годы за рубежом риск-менеджмент приобрел новые черты [6].

В таблице 1 представлены новая и старая парадигмы риск-менеджмента [3].

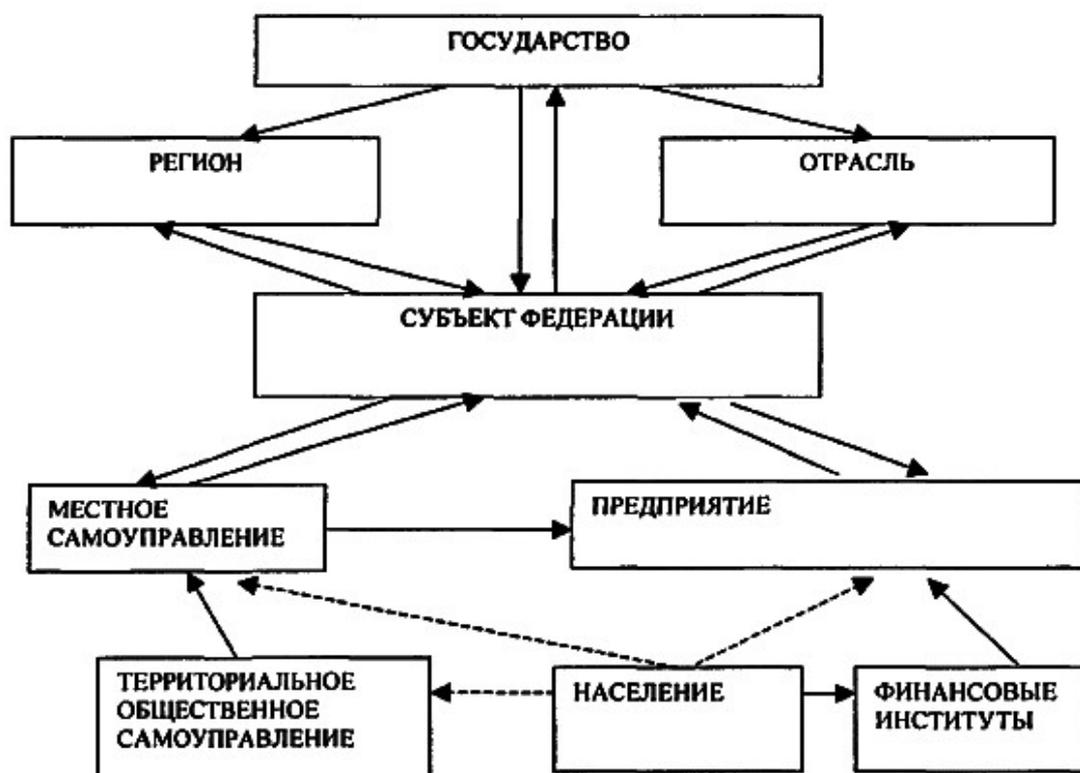


Рисунок 3 – Инвестиционные потоки

Таблица 1 – Основные черты новой и старой парадигм риск-менеджмента

Старая парадигма	Новая парадигма
Фрагментированный риск-менеджмент: каждый отдел самостоятельно управляет рисками (в соответствии со своими функциями). Прежде всего, это касается бухгалтерии, финансового и ревизионного отделов	Интегрированный, объединенный риск-менеджмент: управление рисками координируется высшим руководством; каждый сотрудник организации рассматривает риск-менеджмент как часть своей работы
Эпизодический риск-менеджмент: управление рисками осуществляется тогда, когда менеджеры посчитают это необходимым	Непрерывный риск-менеджмент: процесс управления рисками непрерывен
Ограниченный риск-менеджмент: касается прежде всего страхуемых и финансовых рисков	Расширенный риск-менеджмент: рассматриваются все риски и возможности их организации

Как показано в таблице 1, основная новация состоит в том, что в риск-менеджменте стоит переходить от фрагментированной, эпизодической, ограниченной модели к интегрированной, непрерывной и расширенной.

Применительно к предприятиям регионов и рассматриваемой проблеме вышеуказанная новая парадигма предполагает:

- включение в риск-менеджмент региональных рисков и рассмотрение в совокупности с другими рисками;
- организацию учета и оценки региональных рисков, как непрерывного, систематического процесса;
- осознание всеми сотрудниками предприятия важности учета региональных рисков в своей деятельности.

**НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

Актуальность подобной постановки проблемы вытекает из того, что в современных условиях предприятия не уделяют должного внимания региональным рискам. Поэтому следует перестроить систему риск-менеджмента с учетом региональных рисков сквозным образом, то есть на всех этапах управления рисками.

Эти изменения должны касаться:

- разработки политики управления рисками, с учетом влияния внешней среды;
- совершенствования организационной структуры предприятия, распределения и закрепления ответственности и полномочий;
- разработки методов идентификации, построения карты региональных рисков, методов их оценки;
- разработки способов минимизации влияния региональных рисков на результаты деятельности предприятия;
- разработки отчетных форм, определение формы и содержания информации, являющейся источником поддержки принятия решений для руководства;
- совершенствования системы внутреннего контроля.

Оценка региональных рисков должна являться составной частью общей политики управления рисками. Общая политика управления рисками должна согласовываться с общими целями и задачами конкретного предприятия. Целью любого предприятия как коммерческой организации, согласно Гражданскому кодексу РФ, является получение прибыли. Главной целью политики управления рисками является успешное функционирование предприятия в условиях риска и неопределенности. Это означает, что даже в случае возникновения ущерба (потерь) реализация мер по управлению рисками должна обеспечить коммерческой организации возможность продолжения деятельности, стабильности и устойчивости соответствующих денежных потоков, поддержание прибыльности и роста производства, а также достижения прочих целей.

Таблица 2 - Подходы к регулированию инвестиционных рисков

Уклонение	Локализация	Диссипация*	Компенсация
отказ от рискованных проектов, инвестиций, ненадежных партнеров и клиентов	система лимитов	диверсификация, распределение рисков во времени (финансовое планирование)	резервирование страхования

* – Диссипация (от лат. *dissipatio* - рассеяние) - процесс рассеивания чего-либо, например, энергии.

В целом методы представленные в таблице 2 выражают две возможные позиции предприятия: пассивную, выраженную методом уклонения, и активную, выраженную принятием рисков и определением мер по их минимизации.

Метод уклонения по отношению к региональным рискам может пониматься двояко: во-первых, как непризнание региональных рисков; во-вторых, как отказ от совершения финансовых операций, подверженных им. Непризнание региональных рисков может иметь две причины: непонимание его значимости, т.е. несознательное непризнание, и сознательное непризнание в случае невысоких региональных рисков.

Метод уклонения в части признания – это принятие необходимых мер по защите от их воздействия на предприятие, т.е. означает полный отказ от осуществления любых финансовых операций. Использование этого метода в данном случае может относиться в первую очередь к ситуации, связанной с открытием новых филиалов в других регионах. При этом ситуация должна характеризоваться повышенным (значительным) уровнем сводного регионального риска, делающим нерациональным появление в таком регионе дополнительных коммерческих институтов. Метод уклонения от риска может иметь место при отказе в развитии каких-либо проектов или сделок с определенным кругом клиентов, осуществляющих свою деятельность в регионах с повышенным риском. В настоящее время применение метода уклонения в большинстве случаев базируется на информации СМИ о неблагоприятной

ситуации в том или ином регионе. Представляется, что использование данного метода должно базироваться на тщательном анализе существующей информации и носить глубоко аналитический характер.

Сутью метода локализации отдельных видов региональных рисков является признание наличия региональных рисков и защита от возможных потерь. В данном случае риск-менеджер на основании данных, полученных на стадии анализа риска, разрабатывает мероприятия, позволяющие коммерческой организации понизить воздействие совокупного регионального риска и его видов на его финансовые результаты и собственный капитал. Наиболее распространенным инструментом локализации является система ограничений (лимитов) устанавливаемая как в целом по предприятию, так и по подразделениям, филиалам.

Лимитирование позволяет ограничить подверженность предприятия воздействию региональных рисков. Лимиты могут устанавливаться на объем кредитов, предоставляемых отраслям, подверженных высоким экономическим рискам; покупку ценных бумаг, эмитентами которых являются субъекты федерации с повышенным риском. Чем выше уровень регионального риска, тем доля оставляемых филиалу ресурсов ниже, соответственно доля средств отправляемых в головное предприятие будет больше.

Таким образом, головное предприятие ограничивает совокупную сумму используемых ресурсов в процентах от привлеченных филиалом средств. Остальные средства рекомендуется использовать (размещать) централизованно в головном предприятии или под разработку новых идей в самом филиале. Данный способ лимитирования будет наиболее востребован для предприятий, имеющих сеть филиалов в разных регионах страны.

В качестве «защиты» от высоких рисков необходимо использовать систему резервирования и диверсификации. Третий метод - принятие риска на себя (диссипация), - означает принятие региональных рисков и определение источников покрытия возможных убытков. В данном случае для минимизации влияния региональных рисков на деятельность предприятия применяется диверсификация как способ уменьшения совокупной подверженности риску за счет распределения средств между различными активами, цены которых не коррелированы /*Корреляция – характеризует связь между признаками, проявляющуюся не в каждом отдельном случае, а лишь в среднем по совокупности. (Рынок: Бизнес. Коммерция. Экономика: Толковый терминологич. слов. / Сост. В.К. Калашников.-4-е изд.-М., 2006).*/ или слабо коррелированы между собой. Диверсификация не повлияет на уровень регионального риска, но позволяет снизить максимально возможные потери за одно событие в процессе деятельности предприятия в регионе, однако при этом одновременно возрастает количество видов риска, которые необходимо контролировать. Разумеется, диверсификацию нужно понимать в широком смысле — как стратегический подход к управлению бизнесом в целом, что означает диверсификацию направлений деятельности предприятия (филиалов), рынков, клиентской базы и др. Критерием осуществления такой диверсификации является уровень отраслевой привлекательности.

Четвертый метод регулирования – компенсация. Наиболее распространенным способом минимизации для данного метода является резервирование. Как известно, резервирование является законодательно закрепленным методом снижения инвестиционных рисков. В настоящее время предприятия создают несколько видов резервных фондов. Один из них, создаваемый в соответствии с Уставом акционерного общества, предназначен для покрытия общих убытков деятельности коммерческой организаций, другие (целевые) предназначены для покрытия возможных убытков по ссудам, ценным бумагам и другим активным операциям. На наш взгляд, защиту от воздействия региональных рисков необходимо возложить на первый резервный фонд, увеличив его уровень. В настоящее время его сумма определяется исходя из 15% от уставного фонда.

Так как региональные риски влияют на деятельность всего предприятия, целесообразно создавать резервный (страховой) фонд общий, не делить его по операциям, с учетом степени риска. Резерв можно создавать не только из чистой прибыли (например, когда прибыли нет), но и за счет расходов (будущие расходы), путем отчисления средств в фонд под региональные риски.

Кроме указанных выше способов защиты предприятия от воздействия инвестиционных рисков целесообразно повысить требования к достаточности капитала предприятия исходя

из уровня риска.

Субъекты Российской Федерации существенно различаются по уровню риска. В состав регионов России входят как дотационные регионы, так и регионы-доноры, последним, дано право эмитировать долговые обязательства (регионы с профицитом). Поэтому, каждый субъект нашей страны требует индивидуального подхода при исследовании учета рисков и адаптации этих исследований к существующей ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Багинова, В.М.** Инвестиции – источник экономического и социального динамизма [Текст]: / - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. -198 с.

2 **Добрынин, А.И.** Экономическая теория [Текст]: 3-е изд. / А.И. Добрынин, Л.С. Тарасевич // -СПб: Изд СПбГУЭФ, Изд «Питер», 2001. -544 с.

3 **Инвестиционная деятельность: сущность, противоречия, направления развития** [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.01. - И.: РГБ, 2003. (Из фондов Российской Государственной Библиотеки).

4 **Коссов, В.** Прогноз погоды: Инвестиционная «погода» в России весьма различается [Текст]: / В. Коссов // БОСС: Бизнес, организация, стратегия, системы. -2001. -№3. -С. 22.

5 **Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений** [Текст]: Федеральный закон РФ № 39-ФЗ от 25.02.1999 г. (ред. от 24.07.2007 г.).

6 **Панова, Г.С.** Риск-менеджмент: мировой опыт и практика [Текст]: Научный альманах: Проблемы управления банковскими и корпоративными рисками / Г.С. Панова // -М.: Финансы и статистика, 2005. -289 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

РОЛЬ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В МИРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

А.Г. Панова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Выполнен анализ фактических показателей деятельности транспорта Республики Саха (Якутия) за 2001-2006 гг. Представлены перспективные направления развития мировой транспортной инфраструктуры и роль транспорта Республики Саха (Якутия) с учетом географического расположения, использования природных ресурсов и развития производительных сил региона.

Географически Республика Саха (Якутия) расположена на пересечении кратчайших путей между Европой, Северной Америкой и Азией. Слабое развитие транспортной инфраструктуры Республики Саха (Якутия) является одним из основных факторов отсутствия развитых трансконтинентальных коридоров, связи регионов России с Дальним Востоком и Азиатским направлением.

Транспортная сеть Республики в настоящее время представлена 39,2 тыс. км путей сообщения, из которых 21,8 тыс. км - автодороги общего пользования включая грунтовые дороги и автозимники, составляющие около 65% от общей протяженности, 16,9 тыс. км - внутренние водные пути, 165 км железной дороги в режиме постоянной эксплуатации ОАО РЖД, а также пусковым комплексом Беркамит-Томмот протяженностью 360 км, железная дорога Беркамит-Томмот в режиме временной эксплуатации (рисунки 1).

В условиях короткой навигации на Северном морском пути, около 2 месяцев и речном транспорте от 20 суток на севере до 4 месяцев, а также фактического бездорожья в арктических районах Якутии, сроки доставки грузов потребителям в этих районах в ряде случаев составляют более 1 года. В связи с этим прямые затраты на перевозку значительно усугуб-

ляются расходами на хранение и потерями за счет длительного замораживания оборотного капитала.

Доля транспортных издержек в стоимости конечного продукта превышает среднероссийский уровень, доходя до 40-70%, а в стоимости завозимой продукции может превышать 80%. Ежегодные затраты на обеспечение северного завоза для бюджетных организаций составляют около 10 млрд. рублей.

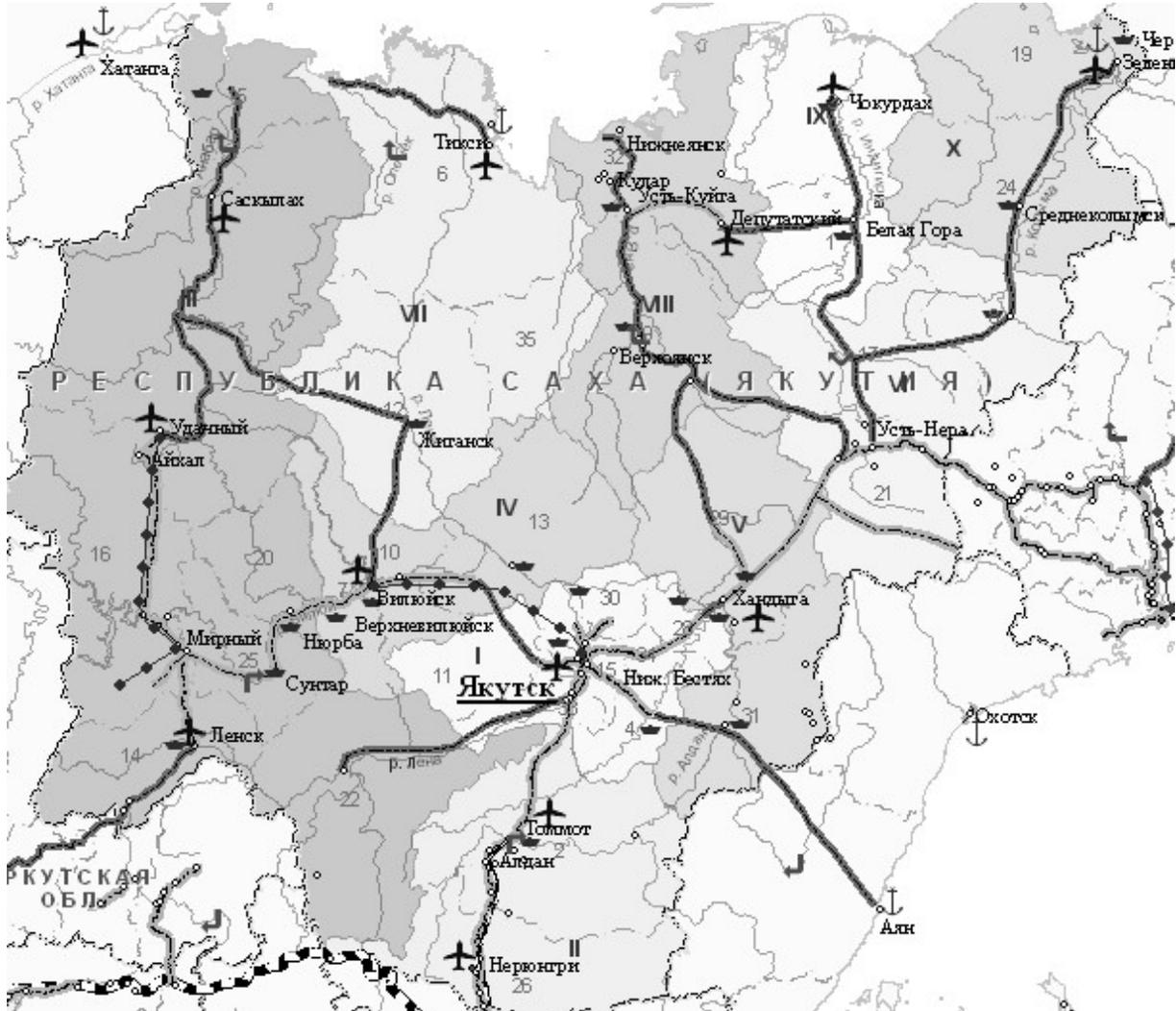


Рисунок 1 – Транспортная система Республики Саха (Якутия)

Республика Саха (Якутия) занимает лидирующие позиции в Дальневосточном федеральном округе по объему производства, в первую очередь в добывающих отраслях, экспорту продукции, инвестициям, строительству жилья и школ, естественному приросту населения, розничному товарообороту на душу населения.

В период с 2000 года по 2004 год по уровню социально-экономического развития, рассчитанному Минэкономразвития России, Республика Саха (Якутия) входила в группу регионов страны с уровнем развития выше среднего.

По интегральному показателю качества жизни, рассчитанному Минэкономразвития России, Республика Саха (Якутия) входила в группу регионов со средним уровнем жизни населения и занимала 31 место.

Крупнейшими предприятиями являются АК «АЛРОСА», ОАО «АЛРОСА-Нюрба», ОАО «Нижне-Ленское», ОАО «Алмазы Анабара», и ООО «Сахаолово».

Республика Саха (Якутия) обеспечивает 98,2% добычи алмазов России и около 25%

общего объема мировой добычи.

Годовой объем алмазодобычи в Республике Саха (Якутия) составляет 2,3 млрд. долларов США, или около 45% общего объема промышленного производства.

В том числе: АК «АЛРОСА» – 1,6 млрд. долларов США; ОАО «АЛРОСА-Нюрба» - 559 млн. долларов США; ОАО «Нижне-Ленское» - 73,3 млн. долларов США; ОАО «Алмазы Анабара» - 65,9 млн. долларов США.

Наиболее крупными из разрабатываемых месторождений являются трубки Удачная, Мир, Айхал, Юбилейная, Интернациональная, Ботуобинская, Нюрбинская.

В 2003 году введен в эксплуатацию пусковой комплекс Нюрбинского ГОКа с мощностью переработки 40 млн тонн руды. В 2004 году введена обогатительная фабрика по добыче алмазов в Оленекском улусе. В 2005 году - обогатительные фабрики ОАО «Нижне-Ленское» и ОАО «Алмазы Анабара» в Анабарском улусе.

Обеспеченность действующих рудников разведанными запасами при современном уровне добычи составляет 34 года, но запасов для открытой обработки на действующих предприятиях значительно меньше: на руднике Удачный их хватит на семь лет, на втором крупнейшем руднике – Мир добыча остановлена. На длительную перспективу обеспечен запасами для открытой отработки трубки «Юбилейная» только Айхальский ГОК. Обеспеченность запасами эксплуатируемых россыпей составляет 16 лет.

Согласно «Концепции развития алмазо-бриллиантового комплекса России», разработанной АК «Алроса», при реконструкции действующих добывающих и обогатительных предприятий на трубках «Удачная», «Мир», «Айхал», и создании промышленной инфраструктуры в новых алмазоносных районах, возможен рост добычи в 1,5 раза.

В Республике Саха (Якутия) транспорт играет ключевую роль для жизнеобеспечения. В то же время существующая транспортная система не отвечает потребностям народохозяйственного комплекса, является серьезным тормозом и ограничением для его развития в будущем.

Возможности межрегионального обмена затруднены не только географически удаленным положением Республики Саха (Якутия) от основных промышленных центров, рынков сбыта продукции базовых отраслей, но и оторванностью от опорной сети важнейших транспортных магистралей России.

В настоящее время и в перспективе в силу географической и природно-климатической специфики жизнедеятельность Республики Саха (Якутия) практически полностью зависит от завоза грузов в короткий навигационный период. Завоз грузов из других регионов Российской Федерации осуществляется по четырем направлениям: через порт Осетрово на реке Лене в Иркутской области; Северным морским путем через порт Тикси и устья северных рек - Яны, Индигирки, Колымы и Анабара; железнодорожным транспортом через ст. Беркакити Томмот. В золотодобывающие районы Верхней Индигирки завоз грузов осуществляется автомобильным транспортом из районов Магаданской области

Средневзвешенное плечо межрегионального транспортного обслуживания с использованием существующих возможностей речного, железнодорожного и автомобильного транспорта составляет более 4000 км., морским путем – 6500 км.

Значительны расстояния перевозок и внутри республики. Так расстояние от г. Якутска до центров улусов составляют от 70 до 4300 км, в том числе по наземным путям 800-3200 км; по водным – 2000-4500 км; по воздушным линиям 840-2000 км.

Обеспеченность наземными транспортными путями крайне низка и составляет менее 6 метров на квадратный километр территории.

Из 21,8 тыс. км автодорог общего пользования только 7,6 тыс. км дорог с твердым покрытием, из них 622,43 км с усовершенствованным покрытием, остальные 65,1% (14,2 тыс. км) это грунтовые дороги и автозимники. Слабо развит железнодорожный транспорт 165 км – ОАО «РЖД» и 360 км - пусковой комплекс Беркакит-Томмот ОАО АК «Железные дороги Якутии».

Экстремальные климатические условия в сочетании со слабым развитием всесезонных наземных видов транспорта приводят к выраженной сезонности функционирования всей транспортной системы, длительности сроков доставки и большим дополнительным затратам

на хранение грузов.

Более 85% территории Республики доступно с использованием водных наземных видов транспорта только ограниченный период времени.

В среднем по Республике грузы внешнего завоза находятся в пути 270-280 суток, а с учетом времени на хранение, год и до 400-700 суток, для наиболее отдаленных районов.

Основная же часть стратегически важных инвестиционных проектов на территории Республики связана с освоением ее уникальных природных богатств и развитием минерально-сырьевого сектора, что невозможно без основательного совершенствования всей транспортной инфраструктуры и создания опорной сети круглогодичного наземного транспорта.

В настоящее время основным видом транспорта в перевозках грузов в республике является речной транспорт (таблица 1 и 2) являющийся основным перевозчиком грузов межрегионального и внутривнутриреспубликанского значения в короткий навигационный период. Его доля в грузообороте транспорта республики составляет около 45 %. Главной транспортной магистралью является река Лена от речного порта Осетрово до устьевоего морского - арктического порта Тикси.

Таблица 1 – Динамика грузовых и пассажирских перевозок

Вид перевозок	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Перевезено грузов всего, тыс. т:	56924	38916	41689	55821	54632
– железнодорожным	9321	9892	10999	11924	11959
– автомобильным	30979,7	24877	26493	40097	38445
– внутренним водным	2130	2158	2375	2690	2803
– морским	312	412	314	244	355
– воздушным	39	34	32	31	32
– трубопроводным	1760	1543	1476	1487	1481
Перевезено пассажиров, тыс. чел.:	99304	95954	96234	95612	81092
– железнодорожным	152	205	143	184	274
– автомобильным*	98464	95029	95317	94650	80023
– внутренним водным	99	107	101	120	154
– воздушным	589	613	673	700	684

* – общего пользования

Железнодорожный транспорт в Республике представлен 165 км. участком от границ Республики до ст. Нерюнгри и участком железной дороги Беркакит-Томмот протяженностью 360 км, который в 2004 году введен во временную эксплуатацию. Объемы перевозок по железной дороге за пятилетие выросли на 41 %, достигнув в 2005 году уровня 11,9 млн. тонн, грузооборот 1346 млн.ткм.

На круглогодичное обеспечение товарами и материальными ресурсами перешли два крупных района республики – Нерюнгринский и Алданский, в значительной степени группа заречных улусов.

В настоящее время по функционирующему участку в основном вывозится уголь – около 9 млн. т, а завозятся нефтепродукты 240-250 тыс. т и 600-700 тыс. т промышленных и продовольственных товаров.

В августе 2004 года открыто регулярное пассажирское движение на железнодорожной линии Беркакит-Томмот. Ускоренными темпами ведется строительство второй очереди железной дороги – пускового комплекса Томмот - Кердем. Принято решение в рамках Федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России 2002-2010гг.» о финансировании строительства совмещенного железнодорожно-автомобильного моста через реку Лена, который доведет нитку железной дороги Беркакит-Томмот-Кердем до Якутска.

За 9 месяцев 2006 года железнодорожным транспортом (ОАО АК «Железные дороги Якутии») перевезено 1247,92 тыс. т груза, что на 9,0% меньше аналогичного периода прошлого года. Грузооборот за отчетный период составил 210195,99 тыс. ткм. За счет удлине-

**РОЛЬ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В МИРОВОЙ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ**

ния плеча перевозок до станции Томмот грузооборот увеличен на 3,55% к соответствующему периоду прошлого года. Объем перевозок пассажиров составил 76,76 тыс. человек, что на 29,4% выше соответствующего периода 2005 года.

Таблица 2 – Грузооборот, пассажирооборот и средняя дальность перевозки грузов и пассажиров

Показатели	Ед. изм.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Пассажирооборот всех видов транспорта общего пользования:		2059	2233	2360	2467	2350
– автомобильный	млн. пкм.	556	554	586	564	467
– железнодорожный		260	251	218	255	326
– речной		21	19	15	18	19
– воздушный		1316	1409	1542	1650	1539
Грузооборот всех видов транспорта общего пользования:			7364	7014	6659	7045
– автомобильный	млн. ткм.	175	166	260	368	436
– железнодорожный		1398	1107	1191	1272	1346
– морской		811	672	527	341	453
– речной		2914	3261	2873	3196	3050
– воздушный		225	219	229	235	221
– трубопроводным		1316	1409	1542	1650	1539
Средняя дальность поездки пассажиров:			1155	1061	1067	1085
– автомобильный	км	175	166	260	368	436
– железнодорожный		1398	1107	1191	1272	1346
– речной		811	672	527	341	453
– воздушный		2234	2299	2291	2357	2250
Средняя дальность перевозок грузов:			1737	1520	2181	2103
– автомобильный	км	74	96	96	94	160
– железнодорожный		168	128	128	127	113
– морской		2604	1632	1680	1400	1275
– речной		1368	1511	4000	4000	4000
– воздушный		2732	2711	2819	2790	2578

Автомобильный транспорт в настоящее время автомобильный парк республики составляет более 167 тыс. единиц, из которых в технически исправном состоянии находится около 63%. Парк подвижного состава грузового автотранспорта, достиг 28,4 тыс. ед., количество автобусов 6,5 тыс. ед., легковых 132,4 тыс. ед. пикапы и легковые фургоны 1 тыс. ед., специальные автомобили 4,7 тыс. ед., полуприцепы к седельным тягачам 1,8 тыс. ед., прицепы 1,7 тыс. ед.

Из данных таблицы 3 видно, что доля транспорта общего пользования последние годы составляла 4,5-6,4% от общего объема перевозок и только в 2005 г. она повысилась до 19,4%. В тоже время объем коммерческих перевозок за предшествующее пятилетие вырос по сравнению с 2001 г. более чем в 7 раз. Но основную долю перевозок продолжает выполнять предприятия отраслей экономики.

Перевозки автомобильным транспортом всех отраслей экономики в 2005 году составили 38,5 млн. тонн, в том числе транспортом общего пользования – 7,5 млн. тонн с грузооборотом 435,5 млн.ткм .

На автомобильном транспорте положительные тенденции по превышению выполнения объемов груза и числа перевезенных пассажиров по сравнению с аналогичными периодами прошлого года наметились с начала II полугодия 2006 года в целом по республике.

Наибольшие объемы перевозок грузов автомобильным транспортом приходится на районы с развитой производственной инфраструктурой. Это, прежде всего, предприятия

Ленского (35,0%), Алданского (10-12%), Мирнинского (15,0%) районов.

Основными крупными муниципальными пассажирскими предприятиями в республике, или выполняющими муниципальный заказ по перевозке пассажиров в общественном транспорте в крупных городах, являются: МУП ЯПАП-1 (г.Якутск), ОАО «Нерюнгринское АТП», ООО «Росттранс» г.Мирный, ГУ ПАТП Хангаласского улуса, МУП «Алданские пассажирские перевозки», Ленское МУП ПАХ, на долю которых приходится объем перевезенных пассажиров за 9 месяцев перевозки 35% от общего объема перевезенных пассажиров, из них в г.Якутске перевезено ЯПАП- 1 - 7,4% пассажиров, в г.Нерюнгри – 8,2%, в г.Ленск 3,7%.

Таблица 3 – Динамика грузовых перевозок автомобильным транспортом, (тыс. т)

Грузовые перевозки	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Всего, в том числе:	30979,7	24876,7	26492,6	40097,4	38445,0
– крупными и средними предприятиями	29897,2	23080,6	23917,4	36737,5	30693,2
– предприятиями подотрасли «Автомобильный транспорт»	1841,2	1117,6	1693,6	2540,4	5371,5
– предприятиями других отраслей экономики	28056,0	21962,9	22223,8	34197,1	25321,7
– малыми предприятиями	685,4	1020,5	1275,0	1827,5	1547,8
– предпринимателями, занимающимися коммерческими перевозками	174,9	419,7	811,6	1007,6	1315,5
– неформальным сектором	222,2	355,9	488,7	524,8	4888,5

Сеть автомобильных дорог на территории республики имеет протяженность свыше 30 тысяч километров, из которых более половины представлены временными (сезонными) дорогами – автозимниками.

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования на территории Республики Саха (Якутия) составляет 21769,6 км., из них с твердым покрытием – 7566 км., в том числе:

- федерального значения – 2081 км., из них с твердым покрытием – 1964 км;
- территориальных с учетом зимних и ледовых переправ 19688,6 км., из них с твердым покрытием – 5602 км., в том числе:
 - республиканского значения – 12365,7 км., из них с твердым покрытием – 4174,9 км.;
 - местного значения – 7322,9 км., из них с твердым покрытием – 1427,1 км.

Транспортной связью по автодорогам с твердым покрытием обеспечены только 16 улусов из 33.

Норма содержания республиканских автомобильных дорог в 2006 году выполняется на 55%. Ежегодный недоремонт автодорог составляет порядка 420,0 км.

Необходимый ежегодный объем инвестиций на содержание автодорог составляет:

- Федеральные – 300,0 млн. руб.
- Территориальные – 1040,0 млн. руб.

По итогам 9 месяцев 2006 года по дорожной отрасли Республики Саха (Якутия) выполнение дорожных работ составило 2 074,4 млн. рублей или 67,8% к годовому заданию. С учетом авансирования профинансировано 2152,3 млн. рублей, что составило 71,0% к годовому заданию и 103,8% от выполненных работ. За счет средств федерального бюджета план за отчетный период выполнен на 100,0% или на сумму 845,6 млн. рублей. Из федерального бюджета с учетом авансирования профинансировано 989,3 млн. рублей или 77,9% к годовому заданию и 117,0% от выполненных работ. За счет субсидий из федерального бюджета план за отчетный период выполнен на 100,0% или на сумму 45,7 млн. рублей, профинансировано 62,0 млн. рублей. Плановое освоение средств бюджета Республики Саха (Якутия) за отчетный период выполнено на 99,0% или на сумму 875,7 млн. рублей, профинансировано 854,3 млн. рублей 71,2% к годовому заданию и 97,6% от выполненных работ. За счет дополнительных средств из бюджета Республики Саха (Якутия) за отчетный период выполнено работ 116,9 млн. рублей. За счет кредитных средств за отчетный период план выполнен на 100,8% или на сумму 190,5 млн. рублей, профинансировано 246,7 млн. рублей.

**РОЛЬ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В МИРОВОЙ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ**

В состав водного транспорта республики входят: пять речных портов - Ленский, Олекминский, Якутский, Нижнеянский, Белогорский, два морских арктических порта ОАО «Тиксинский портовой порт» и ОАО «Зеленомысский морской порт», судоходные компании : ОАО «Ленское Объединенное Речное Пароходство», ОАО "Колымская Судоходная Компания", ОАО "Янское Речное Пароходство", ООО « Холдинг «Якутский речной порт» с дочерними предприятиями ООО Судоходная компания «Якутск», ООО Судоходная компания «Виллюй», ООО Пассажирское управление, ООО Речной порт «Якутск», ОАО Арктическое Морское Пароходство. Основными водными путями республики являются реки: Лена, Олекма, Виллюй, Алдан, Колыма, Индигирка и Яна, Анабар.

В настоящее время водный транспорт осуществляет перевозку основной массы грузов от входных и перевалочных баз до внутриреспубликанских, создание запасов и резервов ресурсов для жизнеобеспечения населения и нормального функционирования экономики республики, а также перевозку массовых грузов внутриреспубликанского производства - нефть, лес, уголь, минерально-строительные материалы.

Протяженность эксплуатируемых водных путей на территории республики составляет 21,8 тыс. км, из них обслуживаемые пути 13,6 тыс. км, обеспеченность гарантированными глубинами составляет только 9,0 тыс. км.

Внутренним водным транспортом Республики перевезено в 2005 году 2,8 млн. т, грузооборот составил 3203,78 млн. ткм, пассажиров 154,1 тыс. человек, что выше уровня 2004 года на 28,1%. В таблицах 4 и 5 приведены данные о количественном и качественном составе речного флота республики и структуре действующего флота по пароходствам.

Таблица 4 – Количественный состав речного флота по пароходствам

Название предприятия	Количество судов	Средний возраст судов	Количество судов с возрастом до 10 лет	Доля судов по техническому состоянию, %			Судов на консервации, %
				Годное	Ограниченное	Негодное	
Всего флот	591	22	68	61,7	28,9	9,3	16,1
ОАО «Ленское объединенное речное пароходство»	350	20	58	66,9	24,0	9,1	13,7
ОАО «Янское речное пароходство»	69	24	2	36,2	56,5	7,2	23,2
ОАО «Колымская судоходная компания»	52	22	1	61,5	26,9	11,5	21,2
ОАО «Якутский речной порт»	90	23	3	55,6	34,4	10,0	15,6
ОАО «Хандыгский речной порт»	30	20	4	80,0	10,0	10,0	20,0
Кроме того: Ленское ГБУВПиС	335	23	26	61,2	21,5	17,3	29,9

По водному транспорту объемные показатели развития отрасли за январь-сентябрь 2006 года сохранились практически на уровне аналогичного периода 2005 года: наблюдается незначительное снижение объемов перевозок грузов на 2%, при этом наблюдается рост объемов перевозок пассажиров на 2%. Успешно отработали: ОАО «Колымская судоходная компания» – перевезено грузов на 77% больше соответствующего периода 2005 года, ОАО «Янское речное пароходство» выполнило объем перевозок грузов на 24% больше уровня 9 месяцев 2005 года. Весь каменный уголь и нефтепродукты для Верхоянского улуса доставлены в полном объеме, ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» также успешно завершило завоз грузов на малые реки Амга, Виллюй. Все предъявленные к перевозке грузы доставлены в полном объеме. Доходы предприятий водного транспорта за 9 месяцев 2006

года составили 2112,84 млн.рублей или 103% к уровню 2005 года. Прибыль предприятий водного транспорта по итогам 9 месяцев 2006 года составляет 110,37 млн.рублей.

Поступление валютной выручки от использования судов за пределами республики выполнено на 103%, в том числе по ОАО «ЛОПП» на 116%, по ОАО «Арктическое морское пароходство» на 103%.

Таблица 5 – Действующий транспортный флот по пароходствам Республики Саха (Якутия)

Наименование флота	Единицы измерения	ОАО «Ленское объединенное речное пароходство»	ОАО «Якутский речной порт»	ООО «Пассажирское райуправление»	ОАО «Хандыгский речной порт»	ОАО «Колымская судоходная компания»	Ленское ГБУВПС (перевозки)	ОАО «Янское речное пароходство»	Всего по предприятиям
Самоходный сухогрузный	единиц	39	–	3	3	5	2	4	53
	тонн	56740	–	–	2800	5500	1200	3500	66940
Несамоходный сухогрузный	единиц	70	20	–	4	8	3	5	106
	тонн	136100	50600	–	4000	16700	7500	2600	213500
Наливной самоходный	единиц	55	–	–	–	10	4	17	86
	тонн	95740	0	0	0	6000	2400	10200	114340
Несамоходный наливной	единиц	12	–	–	–	–	–	–	12
	тонн	26100	–	–	–	–	–	–	26100
Буксирный	единиц	43	15	–	3	6	2	5	71
	л.с.	37360	13500	–	2400	3480	4400	2750	61490
Пассажирский	единиц	7	16	15	3	1	–	–	39
Всего по предприятиям	единиц	226	51	–	13	30	11	31	349
	тонн	314730	50600	–	6800	28200	11100	16300	420930
	л.с.	37360	13500	7600	2400	3480	4400	2750	69090

Деятельность авиакомпаний в целом по оперативным данным за январь-сентябрь 2006г. характеризуется увеличением объема перевозок пассажиров по сравнению с соответствующим периодом прошлого года на 16,8%, снижением перевозок грузов и почты на 10,2%. Финансово-экономические показатели деятельности авиакомпаний по итогам 2006 года (без учета МАП АК «АЛРОСА») оцениваются: доходы – 2 754,9 млн.руб., расходы – 2 654,9 млн. руб., финансово-экономический результат от основной деятельности – 100 млн.руб., сальдированный балансовый результат в размере – 4,5 млн. рублей.

Морской транспорт. Флот ОАО «Арктическое морское пароходство» (18 судов) и 10 судов ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» работают за пределами республики на Дальнем востоке и Черном море. Средний возраст судов Арктического морского пароходства 23 года, при нормативном сроке службы 22 года. Из-за технического износа и отсутствия соответствующего навигационно-гидрографического обеспечения безопасности плавания по трассе Севморпути, а также соответствующего ледового подкрепления судов, флот пароходств для работы на трассе Севморпути на протяжении 10 лет не привлекается. Эти суда эксплуатируются в основном на линии порты Приморья – порты Японии, Средиземноморские порты. Объем перевозок грузов, выполненных морским транспортом за последние

пять лет колеблется в пределах 300-380 тыс.т.

Исходя из перспектив увеличения грузооборота начиная с 2007 года эффективное функционирование водного транспорта в республике будет зависеть от реализации мероприятий по доведению водных речных и морских путей до значений, обеспечивающих достаточную безопасность и пропускную способность флота, разработки рек Яна, Индигирка, утя реки Лены, модернизации и обновления речного и морского транспорта с учетом современных технических и технологических требований.

Авиационный транспорт. Авиационный транспорт в Республике представлен 20 действующими предприятиями, в том числе:

– Мирнинское авиапредприятие АК «АЛРОСА», включающее авиакомпанию и 7 аэропортов;

– 4 авиакомпании (ОАО «Авиакомпания Якутия», ГУП «Авиакомпания Полярные авиалинии», ООО «Авиакомпания Илин», ООО «Авиакомпания Дельта-К»);

– Филиал «Аэронавигация Северо-Восточной Сибири» ФГУП «Госкорпорация по организации воздушного движения»;

– 6 предприятий аэропортового комплекса, включающих: ГУП «Дирекция аэропортов Республики Саха (Якутия) в составе 23 филиала; ГУП «Аэропорт Якутск» - аэропорт федерального значения; ГУП «Аэропорт Тикси» - аэропорт федерального значения; ОАО «Аэропорт Жиганск».

Авиаперевозочную деятельность осуществляют пять авиакомпаний республики. Из них две государственные-магистральная авиакомпания ОАО АК «Якутия» и внутрирегиональная авиакомпания ГУП АК «Полярные авиалинии».

Государственная «Авиакомпания Якутия», образована в 2002 году. Компания обеспечивает авиасообщение не только между населенными пунктами республики и регионами России, но также с городами ближнего и дальнего зарубежья. На долю авиакомпании «Якутия» приходится более 33% пассажирооборота воздушного транспорта республики.

Негосударственные авиакомпании: Мирнинское авиапредприятие АК «АЛРОСА», общество с ограниченной ответственностью «Авиакомпания Илин», производственно-коммерческое авиапредприятие «Дельта-К».

Аэропортовая сеть Республики Саха (Якутия) включает 32 аэропорта, из них 2 – аэропорты федерального значения – Якутск, Тикси и 104 посадочные авиаплощадки. Аэропорт Тикси является аэропортом совместного базирования.

Правительство республики в последнее время уделяет больше внимание поддержанию эксплуатационной годности аэропортового комплекса, выделяя значительные средства на ремонт и обновление основных производственных фондов аэропортов, замену светосигнального оборудования, ремонт взлетно-посадочных полос и других объектов.

К началу 2005 года на балансе авиапредприятий республики числилось 280 единицы авиационной техники, а по состоянию на 1 января 2006г. общее количество воздушных судов всех типов – 261 единица. Из них исправны 73 (25,9%), подлежат восстановлению – 74 (26,2%), списанию – 75 (26,6 %), реализации – 60 (21,3%). Средний процент износа авиационной техники составляет 69,1 %.

Из 218 самолетов «малой авиации» в исправном состоянии находится всего 68 самолетов или 31,2%. Особенно низкий уровень летной годности на воздушных судах типа АН-2 – 18%, АН-12 – 20%, Л-410 – 22%.

По аэропортам наблюдается незначительное снижение количества отправок пассажиров на 1,4%, грузов на 2,2%, почты на 1,6% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Это связано с сокращением полетов воздушных судов Авиакомпаний «Якутия» и «Полярные авиалинии» в апреле-мае месяце т.г., затем с приостановлением действия сертификата эксплуатанта ГУП Авиакомпания «Полярные авиалинии» с 10 июня 2006г., аннулирование ФСНСТ Управлением надзора за летной деятельностью (решение от 28.06.2006 г. №186 ОСЭ) сертификата эксплуатанта Закрытого акционерного общества Авиакомпания «СирАЭРО».

Трубопроводный транспорт. Магистральный трубопроводный транспорт республики имеет в настоящее время две системы газопроводов: в центральной части республики и

вторая система в западной. Протяженность магистральных трубопроводов в настоящее время составляет 1821 км, в том числе 1659 км газопроводных магистралей, 162 км нефтепроводных.

По газопроводу Мастах-Берге-Якутск в центральной части транспортируется газ, добытый из Средневилюйского месторождения, по двухниточному магистральному газопроводу. Газопроводы, питающие центральные районы Якутии из-за значительного физического износа (I нитка – 98%, II нитка – 57%), требуют постоянного увеличения объемов ремонтных работ на их восстановление, ликвидацию и предупреждение аварий. Западная система транспортирует газ от Среднеботуобинского месторождения в г. Мирный.

В 2005 году трубопроводным транспортом доставлено потребителям 1480 тыс. тонн природного газа, что на 16 % меньше чем в 2000- 2001 годах. В ближайшие годы ожидается расширение круга потребителей природного газа за счет газификации сельских районов центральной Якутии. В западной группе районов проектируется газификация города Ленск и других населенных пунктов Мирнинского и Ленского улусов.

Неразвитая транспортная инфраструктура – изолированность транспортных сетей Республики от единой транспортной сети России, сезонное функционирование основных транспортных путей сообщения, слабое развитие наземных коммуникаций - существенно затрудняют социально-экономическое развитие Республики Саха (Якутия).

Республика, географически находящаяся на пересечении кратчайших путей между Европой, Азией и Америкой и обладающая огромным потенциалом международного и межрегионального транзита, не имеет возможностей обеспечить потребности собственной экономики.

Более 85% территории республики доступны только с использованием сезонных видов транспорта. В районах республики, обслуживаемых сезонным речным и морским транспортом, автозимниками, сосредоточено 88% объема производства товаров и услуг. В настоящее время только 16% населения проживает в зоне круглогодичного транспортного сообщения, из 629 сельских населенных пунктов лишь 48 связаны с районными центрами дорожной сетью с твердым типом покрытия, 25 районов из 33 не имеют надежной транспортной связи с центром республики и близлежащими районами. Серьезные проблемы сложились в транспортном обслуживании населения, проживающего в Арктической зоне республики.

Сезонность работы транспорта ежегодно отвлекает огромные средства на завоз и хранение топлива, товаров народного потребления и продукции производственно-технического назначения. Транспортные затраты оказывают значительное влияние на повышение издержек производства предприятий республики по отдельным видам перевозимой продукции транспортная составляющая в цене доходит до 50-70% и более.

С каждым годом все более обостряется проблема износа грузового и пассажирского флота. Неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений морских и речных портов республики, паромных переправ, русловыправительных сооружений на водных путях Ленского бассейна и Севморпути не обеспечивает безопасность плавания.

Транспортные технологии не отвечают современным требованиям функционирования транспорта в условиях рынка и плохо скоординированы в едином процессе доставки грузов и пассажиров. Низок уровень информатизации транспортных процессов и информационного взаимодействия транспорта с другими отраслями экономики. Не существует в настоящее время системы диспетчерского управления движением транспортных средств, как в городском сообщении, так и на автомагистралях большой протяженности, что приводит к большим потерям провозной способности и качества транспортного обслуживания, не дает возможности создать единую систему взаимодействия различных видов транспорта.

Не однократно выдвигались идеи создания современных транспортно-логистических центров. Предложены концепции образования и функционирования транспортно-логистических центров, в том числе и на базе Министерства транспорта и связи республики Саха (Якутия).

Транзитный потенциал Республики в системе международных коридоров Европа-Азия-Северная Америка, богатая сырьевая база, развитие лесного комплекса и многие другие положительные факторы являются основой для успешного развития транспортной инфра-

структуры, привлекательности региона для инвестиций, как российского капитала, так и иностранного.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ РЕЧНЫХ ПОРТОВ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

О.С. Шаталова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Выполнено обследование и приведена действительная характеристика технической оснащённости, речных портов Сибири и крайнего севера перегрузочной крановой техникой.

Характеризуя современное состояние российских речных портов необходимо рассмотреть их оснащённость перегрузочной крановой техникой. Портовая перегрузочная техника представлена, в основном, порталными кранами «Ганц 5-30», «Ганц 16-27.5», «Альбатрос 10-20» (таблица). В речных портах Сибири на перегрузочных работах применяется 13 моделей порталных кранов. Исходя из данных таблицы, доля порталных кранов «Альбатрос» в общем объеме порталных кранов речных портов сибирского региона составляет 30%, всех порталных кранов «Ганц» – 52%. Портальные краны «Ганц-5» составляют 19% от общего числа, «Ганц-6» – 18% и «Ганц 16-27.5» – 15 % соответственно. Доля кранов советского производства «Кировец» и КПП составляет 11%.

Таблица – Оснащённость речных портов сибирского региона порталными кранами

Название порта	Название порталного крана													Итого по порту
	Ганц 5-30	Ганц 6	Ганц 16-27.5	Альбатрос	Кировец 10	Кировец 16	Абус	Альбрехт	Деррик	Кондор	Сокол	КПП 5	КПП 16	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Александровский	2			1										3
Бийский	3		1	1										5
Барнаулский	3		2	2										7
Зырянский	1		2									1		4
Каргасокский				2										2
Колпашевский	5		2			1								8
Красноярск-Енисей	1		3	7				2						13
Красноярск-Злобино	3			5		2			1	2				13
Могочинский			1											1
Мохсоголлохский	1				1							10	5	17
Нефтеюганский			1	2										3

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Нижневартовский	1		1	5										7
Новосибирский	2	5	2	20				1	1		1			32
Осетровский		35	10	9			2			1				57
Томская судоходная компания	5		5	6	1	2		1		2				22
Тюменский	2			4			1							7
Уренгойский	2			8										10
Якутский	1	1	1	1		1			1					6

Плавающие краны двух типов КПл 5-30 и КПл 16-30 составляют 35% от общей доли кранов, имеющих на балансе речных портов.

При оценке состояния технических средств перегрузки Сургутского речного порта было определено, что 65% порталных кранов было установлено в период с 1970 г. по 1980 г.; с 1981 по 1990 годы – 29% и с 1991 года – 6%. Плавающие краны на 60% приобретены Сургутским речным портом в период с 1981 по 1990 годы, 40% – с 1991 года. 35% порталных кранов порта запрещено эксплуатировать после проведенного обследования.

В Барнаульском речном порту доля порталных кранов, введенных в эксплуатацию до 1970 г. составляет 14%. В период с 1971 по 1980 годы установлено 57% кранов, с 1981 по 1984 год – 29%. С 1984 года порталные краны в порту не устанавливались.

В Уренгойском речном порту все порталные краны (10 единиц) установлены в период с 1979 по 1990 годы. Большинство кранов заняты на складских операциях.

Технические средства перегрузки в речных портах сибирского региона представлены не только порталными и плавающими кранами. Так, например, в Красноярском речном порту на грузовом районе «Песчанка» для перегрузки тяжеловесных грузов применяется мостовой кран грузоподъемностью 100 т. В Якутии на причалах №1 и №2 угольной шахты Джебарики Хая используются углепогрузочные машины. Срок фактической эксплуатации этих машин составляет около 30 лет.

В некоторых портах применяются башенные краны (Сургутский порт), мостовые краны (Тобольский и Сургутский речные порты).

Портальный кран «Ганц» был запущен в серийное производство в 1956 г., а «Альбатрос» – в 1975 г. Следовательно, более половины порталных кранов речных портов морально устарели. Происходит и физическое устаревание перегрузочной техники. В навигацию 2007 года произошли случаи, подтверждающие необходимость обратить особое внимание на состояние технических средств перегрузки в речных портах. Так в Уренгойском речном порту и порту Поярково во время перегрузочных работ упали стрелы порталных кранов. Крановщик в Уренгойском порту серьезно пострадал. В Сургутском речном порту упала стрела плавающего крана. Данные примеры подтверждают факт физического износа ряда технических средств перегрузки.

Эксплуатация технических средств перегрузки в районах Сибири и Крайнего Севера имеет несколько особенностей, которые определяются условиями использования перегрузочной техники. К таким особенностям относятся:

- работа технических средств, как правило, на открытых площадках;
- запыленность прикордонной территории;
- значительные перепады температур;
- свойства перерабатываемого груза (абразивность, сыпучее и коррозионное воздействие на металл и т.д.);
- пульсирующий, неустойчивый характер нагрузок;
- необходимость обеспечить бесперебойную работу в ограниченный период обработки

судна.

Проблема сохранения и поддержания надлежащего технического состояния перегрузочных средств речных портов в сибирском регионе осложняется суровыми метеоусловиями, в которых приходится осуществлять перегрузочные работы. К ним относятся низкие температуры, сильный ветер, проливной дождь, снежный буран, туман и т.д. Технические средства перегрузки рассчитываются на работу при температуре до -40°C , а в условиях Севера им приходится работать при температуре, достигающей -60°C . В районах Крайнего Севера введено понятие «жесткой погоды» для одновременного учета низкой температуры и ветра, т.е. допускаемой температуры для определенной скорости ветра. Следовательно, физический износ технических средств перегрузки в сибирском регионе происходит значительно быстрее, чем в европейской части страны.

В большинстве портов сибирского региона средний возраст перегрузочного оборудования превысил нормативный срок службы в 25 лет. Часть перегрузочной техники выведена из эксплуатации, а использование остального оборудования сопряжено с определенным риском для безопасности перегрузочных работ. Все это свидетельствует о потребности частичной замены имеющихся технических средств перегрузки в связи с устареванием имеющегося на балансе портов перегрузочного оборудования. Однако высокая стоимость реализуемой перегрузочной техники и спад в грузообороте, а как следствие, в работе портов сдерживают процесс обновления материально-технической базы.

СУДОВОЖДЕНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА В СИСТЕМЕ «СУДОВОДИТЕЛЬ-СУДНО-ПУТЬ»

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.И. Стручков

Определена последовательность расчета безопасного движения судов и составов.

«Правилами плавания по внутренним водным путям РФ» предусмотрены минимальные запасы по глубине на водных путях (минимальные запасы воды под днищем). Эти параметры должны неукоснительно соблюдаться при судовождении, ориентируясь на данные «Программы гарантированных габаритов судовых ходов, категорийности и сроков действия судовой обстановки по ФГУ ЛГБУВПиС», утверждаемой ежегодно Руководителем Федерального агентства морского и речного транспорта. Согласно этому документу на 2006 год на самом «узком» участке судоходства на реке Лена Усть-Кут – Киренск габаритные глубина судовой хода составляет 175 см, ширина 65 см, радиус закругления – 300 м. Осадки основных типов судов, эксплуатируемых на р. Лена, показаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Осадки основных типов судов, задействованных на реке Лена, (см)

Название	Порожнем	С грузом
«Сибирский» проект 292	195	300
«Ленанефть» проект 621	179	253
«СК» проект СК2000	20	150
«Баржа приставка» проект 16800	70	250

Формула безопасной осадки записывается следующим образом :

$$H_6 = \lim_{\min}^{\max} (H_{\text{зап}} - \Delta H) = \lim_{175}^{300} (H_{\text{зап}} - \Delta H), \text{ см,}$$

где H_6 – осадка судна, обеспечивающая безопасное движение, см;

$H_{гар}$ – гарантированная глубина участка (задаётся программой), см;

ΔH – запас воды под днищем (определяется по правилам плавания), см.

Таблица 2 – Осадка судов по проектам на участке Усть-Кут – Киренск, (см)

Название	H_c		H_6		Изменение осадки	
	порожном	в грузу	min(175)	max(350)	порожном	в грузу
«Сибирский»	195	300	155	325	-40	+25
«Ленанефть»	179	253	155	325	-24	+72
«СК»	20	150	155	325	+135	+175
«Баржа МП»	70	250	155	325	+85	+75

Расчёты показывают, что на самом предельном участке судоходства Усть-Кут – Киренск при наступлении уровней, равных программе гарантированных глубин (175 см), суда проекта 292 «Сибирский» и 621 «Ленанефть» не могут продолжить движение даже в порожнем состоянии из-за недостатка глубин, при наступлении максимальных уровней наиболее «тяжелые» суда (350 см) проходят по пределам беспрепятственно.

Безопасное расстояние между бортами судов при расхождении определяется с учётом случайного отклонения судна от оси своей ходовой полосы. При этом случайное отклонение считается теоретически имеющим нормальное распределение, а вероятность появления потенциальной угрозы столкновения судов при расхождении принимается равным 0,01 (т.е. в одном случае из ста).

Безопасное расстояние между бортами судов при расхождении вычисляется по формуле:

$$Z = 0,0007B^2 + 0,153B, \text{ м,}$$

где B – ширина судового хода, см (рисунок 1, таблица 3).

По «Программе гарантированных габаритов судовых ходов» на участке Усть-Кут – Киренск, при $B = 65$ см и получаем $Z = 12,93$ м.

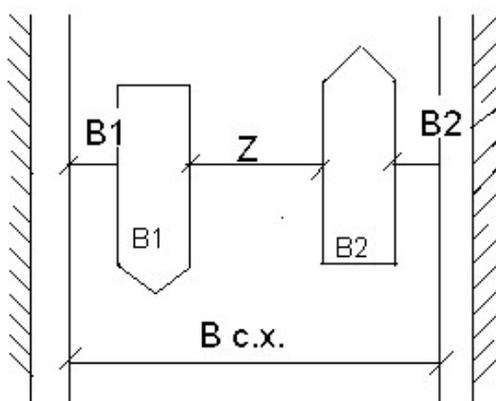


Рисунок 1 – Схема прямолинейного участка судового хода

Таким образом, при расхождении судов на этом участке интервалы между кромкой судового хода-судно/судно-судно/судно кромка судового хода для различных пар судов будут составлять следующие величины:

$$B_{сх} < B_{гар};$$

$$B_{сх} = \lim_{16,5}^{15,2} [B_1 + B_2 + Z + (B_{гар} - (B_1 + B_2 + Z))];$$

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА В СИСТЕМЕ «СУДОВОДИТЕЛЬ-СУДНО-ПУТЬ»**

$$B_{cx} = \lim_{\min}^{\max} [B_1 + B_2 + Z + (B_{\text{бар}} - (B_1 + B_2 + Z))].$$

Таблица 3 – Расчёты ширины судового хода (интервалы между кромкой судового хода-судно/судно-судно/судно кромка судового хода), м

	«Сибирский»	«Ленанефть»	«СК» с баржей-приставкой
«Сибирский»	10,4/12,9/10,4	10,5/12,9/10,5	9,8/12,9/9,8
«Ленанефть»	10,5/12,9/10,5	10,7/12,9/10,7	9,9/12,9/9,9
«СК» с баржей-приставкой	9,8/12,9/9,8	9,9/12,9/9,9	9,1/12,9/9,1

Расчёты показывают, что гарантированная ширина судового хода 65 м позволяет безопасно разойтись двум судам, например проекта «СК». Однако при уменьшении ширины $B_{\text{бар}}$ проход большегрузных судов затруднителен.

$$B_{cx} = B_1 + B_2 (B_{\text{бар}} (B_1 + B_2 + Z)) = 15,2 + 14,1 + 12,9 (65 (15,2 + 14,1 + 12,9)) = 42,3 \text{ м} < 65 \text{ м}.$$

Для прохождения участка с радиусом закругления R , согласно правилам плавания, допустимая длина судов и составов должна составлять R и $2R$ при движении вниз и вверх, соответственно. На участке Усть-Куть – Киренск $R = 300$ м, т.е. допустимая длина равна 100 м и 120 м при движении вниз и вверх, соответственно.

Длина основных типов судов составляет:

«Сибирский» проект 292.....	128,30 м;
«Ленанефть» проект 621.....	122,75 м;
«Волганефть» проект 1577.....	132,60 м;
«СК» проект СК2000.....	72,95 м;
«Баржа-приставка» проект 16800.....	102,70 м.

Таблица 4 – Величина радиуса закругления, м

Радиус закругления		Допустимая длина судна	СК с баржей	«Сибирский»	«Ленанефть»	«Волганефть»
min	$R/3$	100	172,5	128,3	122,75	132,6
max	$2R/5$	120	172,5	128,3	122,75	132,6

Выполненные расчеты показывают, что радиус закругления не позволяет работу на этом участке «СК» с приставкой, «Сибирский», «Ленанефть», «Волганефть». Однако благодаря мастерству капитанов суда работают, на этих участках при гарантированной глубине 175 см, соблюдая особые меры предосторожности:

$$L_c = \lim_{\min}^{\max} x1 = \lim_{R/3}^{2R/5} x1.$$

Таким образом, модель безопасности судоходства в системе «судоводитель-судно-путь» представляет собой ряд предельных параметров по осадке судна, ширине судового хода к радиусу закругления, которые математически будут выглядеть следующим образом:

– по осадке судна

$$H_6 = \lim_{\min}^{\max} (H_{\text{бар}} - \Delta H);$$

– по ширине судового хода

$$B_{cx} = \lim_{\min}^{\max} \{B_1 + B_2 + Z [B_{\text{бар}} - (B_1 + B_2 + Z)]\};$$

– по радиусу закругления $\min = 2,5$ и $\max = 3,5$

$$L_c = \lim_{R/3}^{2R/5} x1.$$

Расхождение судов при встрече. Этот маневр проводится обычно на постоянных скоростях. Расстояние, необходимое судам при встрече:

$$S = l_1 + L_1 + L_2, \text{ м},$$

где l_1 – расстояние, с которого начинается процесс расхождения при встрече (в соответствии с Правилами плавания ($l_1 = 1500-2000$ м);

L_1, L_2 – длина встречающихся судов, м.

Наиболее важным при встречах и расхождении является определение времени расхождения судна. В этот период судоводитель должен рассчитать маневр расхождения, выбрать безопасное расстояние между бортами судов, своевременно спланировать переключку руля, проявляя повышенное внимание судоводителю в период расхождения:

$$t = \frac{S}{V_1 + V_2}.$$

Принимается во внимание скорость течения реки 7 км/ч. Определим скорости движения судов по течению и против по проектам (таблица 5).

Таблица 5 – Скорости движения судов, км/ч.

Название	Техническая скорость судна		Скорость судна с учётом течения реки			
	порожнем	в грузу	вверх		вниз	
			порожнем	в грузу	порожнем	в грузу
«Сибирский»	21,9	19,9	14,9	12,9	28,9	26,9
«СК»	19,0	17,6	12,0	10,6	26,0	24,6
«Ленанефть»	21	19,2	14,0	12,2	28,0	26,2
«Волганефть»	19,5	18,7	12,5	11,7	26,5	25,7

Согласно [1], определяем время расхождения судов с начала подачи отмашки:

«Сибирский» порожнем вверх – СК в грузу вниз 160 с;

«Ленанефть» в грузу вниз – «Волганефть» порожнем вверх..... 180 с;

«СК» в грузу вниз – «СК» в грузу вверх..... 180 с;

«Ленанефть» в грузу вниз – «Ленанефть» в грузу вверх 170 с.

Таким образом, «время повышенного внимания» судоводителя при выполнении маневра расхождения для наиболее применяемых групп судов в грузенном и порожнем состоянии, колеблется от 160 до 180 с. В этот период судоводитель должен совершить заблаговременно переключку руля, определить и выдержать расстояние безопасного расхождения и в то же время не уходить за пределы судового хода, одновременно находиться вблизи от судового хода, вести постоянный визуальный контроль за безопасностью расхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ольшемовский, С.Б. Организация безопасности плавания судов [Текст]: / С.Б. Ольшемовский, Д.К. Земляновский, И.А. Шепетов // -М., 1972.

СУДОВОЖДЕНИЕ

ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА

В.И. Сичкарёв, А.П. Маркин

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Рассматриваются изменения условий волнообразования в быстродвижущемся циклоне с круговыми изобарами и приводится способ оценки высот волн в зоне максимума волнения в быстроизменяющихся условиях волнообразования.

**ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ
БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА**

Процесс волнообразования пока ещё далёк от полного теоретического описания, поэтому в судоводительской практике оценка волнения осуществляется по полуэмпирическим моделям. В основе этих моделей лежат понятия длины разгона волны x и продолжительности времени действия ветра t , которые определяются по барическому полю синоптического объекта. При этом предполагается, что скорость ветра вдоль пути разгона волн изменяется не более, чем на 10%, а среднее направление ветра изменяется не более чем на допустимую величину $[\Delta A_B] = 22^\circ,5$ [1-4].

Однако, в быстро движущихся циклонах изменение направления ветра происходит не только в зависимости от формы барического рельефа, но также в зависимости от перемещения циклона. При этом в различных секторах циклона создаются различные условия для изменения направления ветра. Представляется целесообразным на первом этапе выделить те зоны движущегося циклона, в которых изменение направления ветра из-за движения циклона заведомо превышает допустимую величину $[\Delta A_B]$. В этих зонах вероятно установившееся волнение с высотой, зависящей от пути разгона волн x , который в свою очередь, зависит от скорости движения циклона.

Рассмотрим вначале задачу определения мгновенного направления ветра в произвольной точке циклона вследствие его движения.

Введём подвижную и неподвижную системы прямоугольных координат на поверхности Земли $\Delta\varphi$ (разность широт), $\Delta\omega$ (отстояние) и $\Delta\varphi_1, \Delta\omega_1$, рисунок 1.

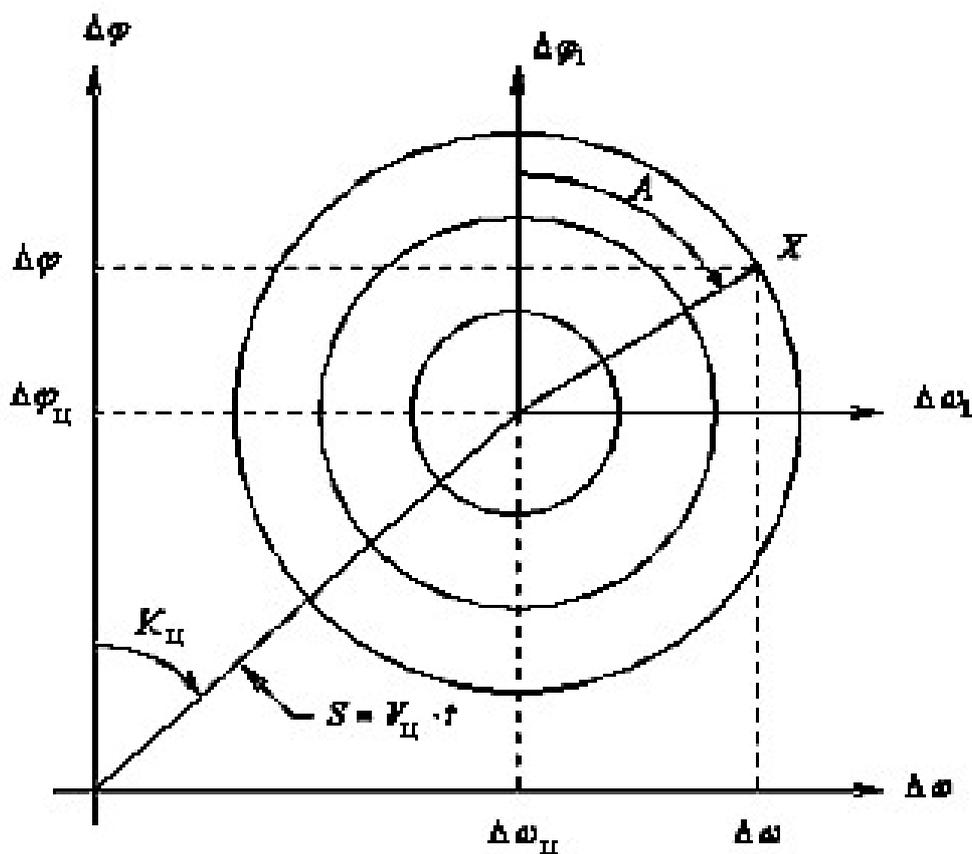


Рисунок 1 – Произвольная точка X циклона в выбранных системах координат

Пусть в начальный момент времени $t = 0$ центр циклона совпадал с центром неподвижной системы координат, а в текущий момент времени – с центром подвижной.

В первом приближении зададим барическое поле движущегося циклона в виде семейства концентрических окружностей. В параметрическом виде в координатах $\Delta\varphi, \Delta\omega$ это се-

мейство описывается выражениями:

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_{\zeta} + R \cos A; \quad \Delta\omega = \Delta\omega_{\zeta} + R \sin A, \quad (1)$$

где A – азимут произвольной точки X в $\{\Delta\varphi_1, \Delta\omega_1\}$;

R – отстояние точки X от начала координат $\Delta\varphi_1, \Delta\omega_1$;

$\Delta\varphi_{\zeta}, \Delta\omega_{\zeta}$ – координаты центра движущегося циклона в момент времени t ,

$$\Delta\varphi_{\zeta} = V_{\zeta} \cdot t \cdot \cos K_{\zeta}; \quad \Delta\omega_{\zeta} = V_{\zeta} \cdot t \cdot \sin K_{\zeta}; \quad (2)$$

где V_{ζ} – скорость движения циклона;

K_{ζ} – направление движения циклона.

Уравнение касательной к изобаре в точке X :

$$\frac{\Delta\Omega - \Delta\omega_X}{\Delta\omega'_X} = \frac{\Delta\Phi - \Delta\varphi_X}{\Delta\varphi'_X}; \quad (3)$$

где $\Delta\Phi, \Delta\Omega$ – координаты произвольной точки касательной χ ;

$\Delta\varphi_X, \Delta\omega_X$ – координаты точки X ;

$\Delta\varphi'_X, \Delta\omega'_X$ – производные от (1), вычисляемые для точки X .

Из (3) получаем:

$$\Delta\Omega = k_{\kappa} \Delta\Phi + b_{\kappa}, \quad (4)$$

где k_{κ} – угловой коэффициент касательной χ ;

$$k_{\kappa} = \frac{\Delta\omega'_X}{\Delta\varphi'_X}, \quad (5)$$

$$b_{\kappa} = \Delta\omega_X - \Delta\varphi_X \frac{\Delta\omega'_X}{\Delta\varphi'_X}.$$

Направление ветра V в точке X отличается от направления касательной χ на угол ε , рисунок 2, связанный с углом ветра α соотношением:

$$\varepsilon = 180 - \alpha. \quad (6)$$

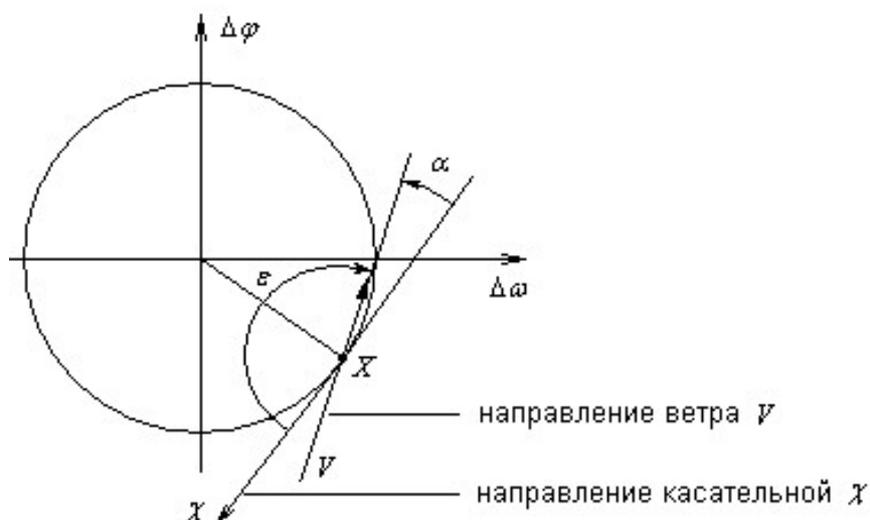


Рисунок 2 – Связь угла ветра α с углом ε между касательной χ и линией ветра V в точке X .

Известно выражение угла между двумя прямыми, заданными угловыми коэффициентами:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{k_{\varepsilon} - k_{\kappa}}{1 + k_{\varepsilon} \cdot k_{\kappa}}, \quad (7)$$

**ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ
БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА**

в котором угол ε отсчитывается против часовой стрелки в правой системе координат. В левой системе координат $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$ это направление отсчитывается по часовой стрелке (зеркально, см. рисунок 2).

Из (7) с учётом (6) получаем угловой коэффициент линии ветра (УКЛВ) в точке X :

$$k_{\varepsilon} = \frac{k_{\kappa} - \operatorname{tg} \alpha}{1 + k_{\kappa} \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (8)$$

а затем и уравнение линии ветра в точке X :

$$\Delta\Omega - \Delta\omega = k_{\varepsilon} (\Delta\Phi_{\varepsilon} - \Delta\varphi_X), \quad (9)$$

Перейдём к исследованию изменения направления линии ветра в произвольных точках циклона в зависимости от скорости его движения. Для этого достаточно проследить за изменением УКЛВ в этих точках.

Приведём УКЛВ (8) к виду, удобному для анализа, подставив (5) и найдя из (1) производные $\Delta\varphi'$, $\Delta\omega'$:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi' &= -R \sin A; \\ \Delta\omega' &= R \cos A; \\ k_{\varepsilon} &= \frac{\cos A + \sin A \cdot \operatorname{tg} \alpha}{-\sin A + \cos A \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \end{aligned} \quad (10)$$

Поскольку УКЛВ есть тангенс угла наклона прямой, то:

$$k_{\varepsilon} = \operatorname{tg} A_{\varepsilon},$$

где A_{ε} – направление ветра.

Учтём, что в навигации направление ветра принято отображать в круговом счёте и указывать точку горизонта, откуда дует ветер, а также учтём знакопеременность и цикличность функции тангенса. Удобно связывать направление ветра в исследуемой точке X с её азимутом A_X .

Поскольку в циклоне с круговыми изобарами направление ветра A_{ε} достаточно просто связано с A_X соотношением:

$$A_{\varepsilon} = A_X + 90^{\circ} - \alpha = A_X + \delta, \quad (12)$$

где $\delta = 90^{\circ} - \alpha$, то алгоритм вычисления азимута ветра через УКЛВ в общем случае можно представить в виде:

$$A_{\varepsilon} = \operatorname{arctg} k_{\varepsilon} + \begin{cases} 0 & \text{при } 0^{\circ} < A_X - \delta < 90^{\circ}, \\ 180^{\circ} & \text{при } 90^{\circ} < A_X - \delta < 270^{\circ}, \\ 360^{\circ} & \text{при } 270^{\circ} < A_X - \delta < 360^{\circ}. \end{cases} \quad (13)$$

Таким образом, анализируя (10), можно сделать следующие выводы для циклона с круговыми изобарами:

- УКЛВ не зависит от радиуса исследуемой точки, а зависит только от её азимута;
- УКЛВ явным образом не зависит от скорости движения циклона.

Это означает, что УКЛВ можно исследовать в системе координат $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$, а движение циклона учесть отдельно.

Всякая исследуемая точка является географической неподвижной точкой, которая в исследуемый момент времени в подвижной системе координат $\Delta\varphi_1, \Delta\omega_1$ имеет координаты $X(A, R)$, а в неподвижной $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$ – $X(A_0, R_0)$. Имея координаты точки X в неподвижной системе координат в виде (1), искомые R_0, A_0 можно определить следующим образом:

$$R_0 = \sqrt{\Delta\varphi^2 + \Delta\omega^2} = \sqrt{S^2 + R^2 + 2SR \cos KY}, \quad (14)$$

где $KY = A - K_{\text{ц}}$ – курсовой угол точки X относительно направления движения (15) циклона в подвижной системе координат;

Сичкарёв В.И.,
Маркин А.П.

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\Delta \omega}{\Delta \varphi}, \quad (16)$$

откуда:

$$A_0 = \operatorname{arctg} \frac{\Delta \omega}{\Delta \varphi} + \begin{cases} 0(360^\circ) & \text{при } \Delta \varphi > 0, \\ 180^\circ & \text{при } \Delta \varphi < 0; \end{cases} \quad (17)$$

где $KY_0 = A_0 - K_{\text{Ц}}$ – курсовой угол точки X относительно направления движения циклона в неподвижной системе координат.

Далее по (13) или (12) определяется направление ветра $A_{\text{в}}$ и $A_{\text{в}0}$ в циклоне в текущий и начальный моменты, а затем вычисляется разность направлений ветра:

$$\Delta A_{\text{в}} = A_{\text{в}} - A_{\text{в}0}. \quad (19)$$

Для циклона с круговыми изобарами согласно (12):

$$\Delta A_{\text{в}} = A_{\text{в}} - A_{\text{в}0} = A - A_0 = KY - KY_0. \quad (20)$$

По (1), (14)-(20) для значений $K_{\text{Ц}} = 0^\circ$, $R = 200; 300$ миль, $A = 0 \div 180^\circ$ с шагом 20° , $S = V_{\text{Ц}} \cdot t = 60 \div 960$ миль с шагом 60 миль выполнены вычисления, представленные на рисунок 3.

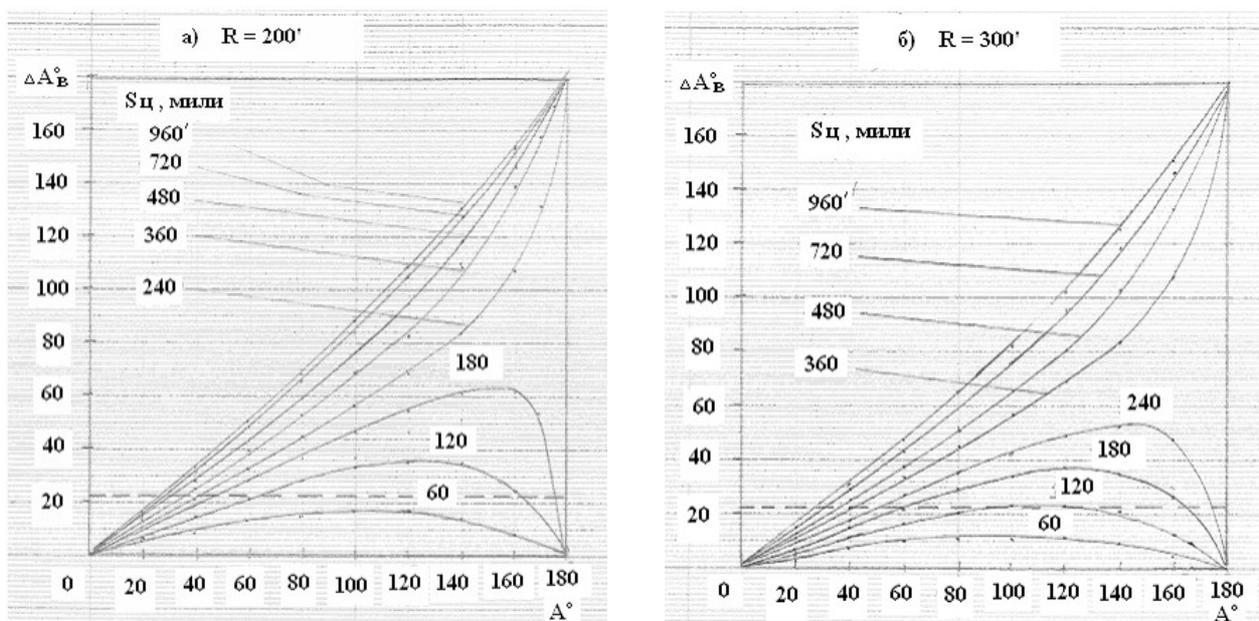


Рисунок 3 – Изменение направления ветра в различных точках циклона $X(A, R)$ при различном перемещении S циклона за время между наблюдениями

Пунктиром отмечено граничное значение изменения направления ветра $[\Delta A_{\text{в}}] = 22,5^\circ$. Значения перемещений S циклона выбраны из условия его движения со скоростями $V_{\text{Ц}} = 10, 20, 30, 40$ узлов за время между наблюдениями $t = 6, 12, 24$ ч.

Анализ рисунка 3 позволяет сделать следующие выводы:

– При медленном движении циклона ($S < 60$ миль за время между наблюдениями) всюду на достаточно большом удалении от центра циклона ($R > 200$ миль) существуют условия для развития волн во времени, поскольку изменения направления ветра невелики. С увеличением расстояния от центра циклона до $R = 300$ миль эти условия сохраняются и для циклонов, успевающих сместиться до 120 миль за время между наблюдениями.

– В быстро движущихся циклонах возможность развития волн во времени существует только на курсовых углах до 300° . В остальном, критическом секторе (зависящем от скорости

**ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ
БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА**

движения циклона) существуют условия для стационарного волнения, зависящего только от скорости ветра и пути разгона волн.

– При перемещениях S циклона, меньших расстояния R от центра циклона до исследуемой точки, условия для развития волн во времени возникают также в узком секторе тыловых курсовых углов, ширина которого уменьшается с возрастанием скорости циклона.

Время действия ветра в точке X можно определить из соотношения:

$$t = \frac{S}{V_{\text{ц}}},$$

в котором S необходимо представить в функции $S(R, KY)$. Для этого рассмотрим $\Delta C_0 C_1 X$, рисунок 4. Разбивая этот треугольник на два прямоугольных C_0XD и C_1XD , находим:

$$S_1 = R \cdot \cos(180^\circ - KY) = -R \cdot \cos KY;$$

$$H = R \cdot \sin(180^\circ - KY) = R \cdot \sin KY;$$

$$S_0 = \frac{H}{\operatorname{tg} KY_0};$$

$$S = S_0 + S_1 = R \left[\frac{\sin KY}{\operatorname{tg}(KY - \Delta A_s)} - \cos KY \right],$$

после чего время действия ветра в точке X , принимая $\Delta A_s = [\Delta A_s]$ и с учётом (20):

$$t = \frac{R}{V_{\text{ц}}} \left[\frac{\sin KY}{\operatorname{tg}(KY - [\Delta A_s])} - \cos KY \right]. \quad (21)$$

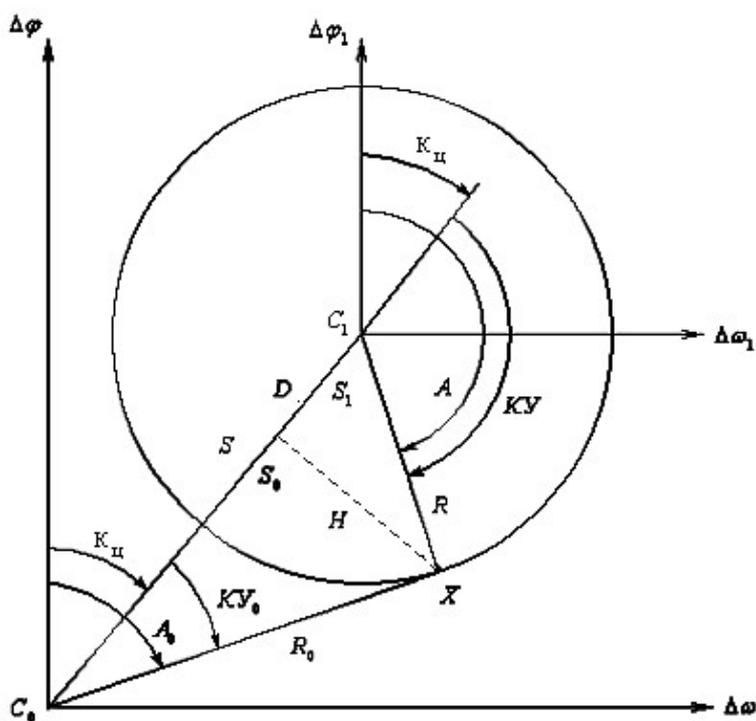
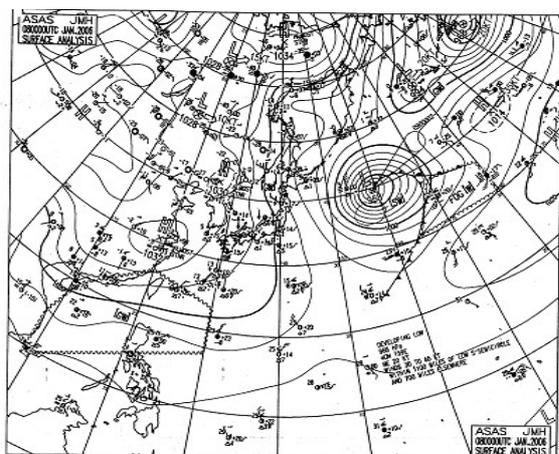


Рисунок 4 – Определение позиции точки $X(A, R)$

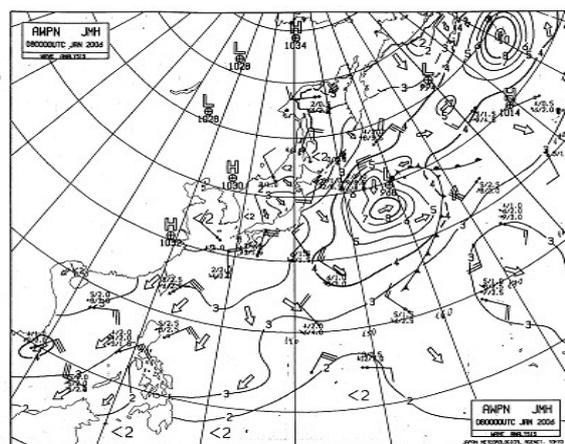
Учитывая, что наибольшую площадь быстро движущегося циклона занимают области стационарного волнения, представляет интерес рассмотрение пути по линии разгона волн, совпадающего с траекторией движения воздушных частиц $x_{\text{лр}}$. В отличие от пути разгона по

линиям тока $\chi_{\text{ЛТ}}$ в неподвижном циклоне, траектории движения в движущемся циклоне определяются из условия участия каждой частицы в относительном и переносном движении, определяемом барическим полем циклона и его собственным перемещением как векторная сумма [6, 7], в предшествующем положении циклона С0.

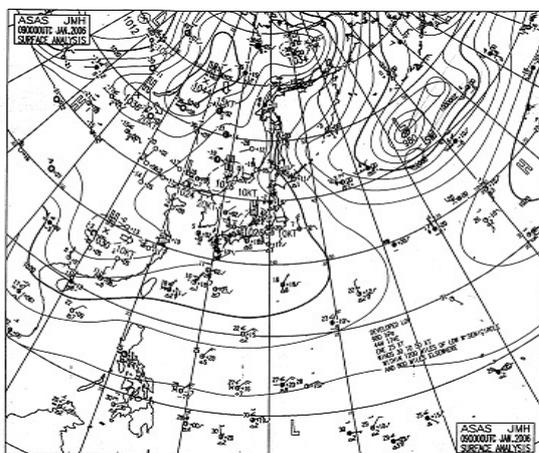
Известно в частности, что траектории на больших курсовых углах справа становятся более пологими, чем мгновенные линии тока в относительном движении, обусловленном барическим полем циклона. Это создаёт предпосылки для устойчивого роста высот волн на курсовых углах $90^\circ < \text{КУ} < 180^\circ$ при достаточно длительном постоянном движении циклона. Так, статистическая обработка 206 зон максимума волнения (ЗМВ) циклонов с разной формой изобар и скоростями движения по картам приземного анализа ASAS и анализа волнения AWPN по северной части Тихого океана показывает, что 25% ЗМВ находится на $\text{КУ}=0^\circ \div 90^\circ$, 48% – на $\text{КУ}=90^\circ \div 180^\circ$, 17% – на $\text{КУ}=180^\circ \div 270^\circ$, 10% – на $\text{КУ}=270^\circ \div 360^\circ$, что подтверждает сделанный вывод.



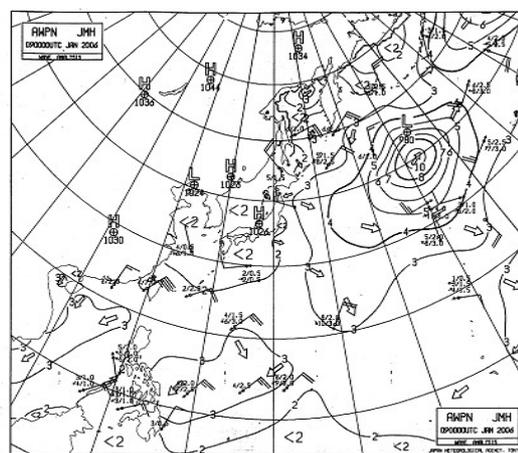
а) приземный анализ на
08.01.06 UTC = 00.00



б) анализ волнения на
08.01.06 UTC = 00,00



в) приземный анализ на
09.01.06. UTC = 00.00



г) анализ волнения
на 09.01.06 UTC = 00.00

Рисунок 5 – Карты приземного анализа и анализа волнения содержащие циклон 968 гПа на 08.01.06.

Для проверки сделанных выводов найдём на картах приземного анализа ASAS и соответствующих им картах анализа волнения AWPN циклоны с близкими к круговым изобарами, движущиеся в постоянном направлении с постоянной скоростью достаточно длительное время, (рисунок 5 а-г.). Достаточно удобен для анализа самостоятельно развивающийся циклон 968 гПа на карте ASAS за 08.01.06, рисунок 5а.

**ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ
БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА**

За предшествующие сутки с 07.01.06 по 08.01.06 этот циклон углубился от давления 992 гПа до 968 гПа и двигался неизменным курсом $K_{\text{ц}} = 50^\circ$ со скоростью $V_{\text{ц}} = 27,5$ узлов. За это время в циклоне сформировалась зона максимального волнения высотой $h_{1/3} = 8$ м на расстоянии от центра $R_1 = 4^\circ$ на курсовом угле $KY_1 = 145^\circ$. С 08.01.06 по 09.01.06 циклон двигался курсом $K_{\text{ц}} = 60^\circ$ со средней скоростью $V_{\text{ц}} = 30$ узлов, заполнившись до давления 980 гПа. При этом его изобарическое поле деформировалось, изобары приобрели эллипсоидную форму с отношением осей 1,6, вытянутую по направлению перемещения циклона. В поле циклона сформировалась область максимума волнения $h_{1/3} = 10$ м на $KY_2 = 127^\circ$, $R_2 = 5^\circ$.

Рассмотрим количественные характеристики зон максимума волнения на 08.01.06: широта $\varphi = 36^\circ\text{N}$, расстояние между изобарами $\Delta n = 0,65^\circ$, радиус кривизны изобар $R_{\text{и}} = 6^\circ$, путь разгона волн по линии тока $x_{\text{лт}} = 3,3^\circ$, путь разгона волн по линии разгона до границы барического поля циклона $x_{\text{лр}} = 7^\circ$, время действия ветра $t = 1,8$ ч, скорость ветра $V \geq 30$ м/с.

На 09.01.06 в центре зоны максимального волнения: $\varphi = 40^\circ\text{N}$, $\Delta n = 1^\circ,4$, $R_{\text{и}} = 7^\circ,5$, $x_{\text{лт}} = 4^\circ,1$, $x_{\text{лр}} = 6^\circ$, $t = 4$ ч, скорость ветра $V = 20$ м/с.

Для простых однородных условий волнообразования в открытом море [3, 4], средние высоты волн по разгону x и времени действия ветра t описываются выражениями:

$$\frac{g\bar{h}_x}{V^2} = 0,0042 \left(\frac{gx}{V^2} \right)^{1/3}, \quad (22)$$

$$\frac{g\bar{h}_t}{V^2} = 0,0013 \left(\frac{gt}{V} \right)^{5/12}, \quad (23)$$

где g – ускорение свободного падения;

\bar{h}_x, \bar{h}_t – средние высоты волн по разгону x и времени действия ветра t соответственно.

Высоты значительных волн, приводимые на картах AWPН, можно получить по формуле:

$$h_{1/3} = 1,64 \bar{h}. \quad (24)$$

В быстродвижущемся циклоне условия не являются однородными, и в этом случае [3, 4] рекомендуют разбивать процесс на участки квазиоднородности с изменением параметров волнообразования не более 10%. Покажем, что для оценочных расчётов в условиях мостика результат можно получить существенно более простым способом.

В зоне максимума волнения на 08.01.06 с 07 по 08.01.06 направление ветра изменилось примерно на 130° (см. рисунок 3), волнообразующие факторы в точке X 07.01.06: $\Delta n = 2^\circ$, $R_n = \infty$, $\varphi = 36^\circ\text{N}$, скорость ветра $V = 19$ м/с.

Средняя скорость ветра в точке X с 07 по 08.01.06:

$$\bar{V} = \frac{19 + 30}{2} = 24,5 \text{ м/с,}$$

средние высоты волн по $x_{\text{лт}}$ и $x_{\text{лр}}$ и значительные высоты:

$$\left. \begin{aligned} \bar{h}_{x_{\text{лт}}} &= 4,67 \text{ м,} & h_{1/3} &= 7,7 \text{ м,} \\ V &= 24,5 \end{aligned} \right\};$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{h}_{x_{\text{лр}}} &= 6,00 \text{ м,} & h_{1/3} &= 9,8 \text{ м} \\ V &= 24,5 \end{aligned} \right\}$$

Действительная высота волн в зоне максимума $h_{1/3} = 8$ м находится между вычисленными значениями.

В зоне максимума волнения на 09.01.06 $\bar{V} = 25$ м/с,

Сичкарёв В.И.,
Маркин А.П.

$$\left. \begin{array}{l} \bar{h}_{хлт} \\ V = 25 \end{array} \right| = 5,16 \text{ м}, \quad h_{1/3} = 8,5 \text{ м},$$
$$\left. \begin{array}{l} \bar{h}_{хлр} \\ V = 25 \end{array} \right| = 5,9 \text{ м}, \quad h_{1/3} = 9,7 \text{ м}$$

Действительная высота волн в зоне максимума $h_{1/3} = 10$ м близка к вычисленным значениям.

Таким образом, с достаточной для судоводительской практики точностью способ среднего ветра и пути разгона по линии тока и линии разгона позволяет получить границы, между которыми заключено значение действительных высот волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Крылов, Ю.М. Ветровые волны и их воздействие на сооружения / Ю.М. Крылов, С.С. Стрекалов, В.Ф. Цыплухин // -Л.: Гидрометеоиздат, 1976. -256 с.
- 2 Бычков, В.С. Морские нерегулярные волны / В.С. Бычков, С.С. Стрекалов // -М.: Наука, 1971. -132 с.
- 3 Абузьяров, З.К. Морское волнение и его прогнозирование / -Л.: Гидрометеоиздат, 1981. -167 с.
- 4 Руководство по расчёту параметров ветровых волн / -Л.: Гидрометеоиздат, 1969. -138 с.
- 5 Смирнов, Г.Н. Океанология / -М.: Выс. школа, 1975. -342 с.
- 6 Воробьёв, В.И. Синоптическая метеорология / -Л.: Гидрометеоиздат, 1991. -616 с.
- 7 Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. 4. I / -Л.: Гидрометеоиздат, 1986. -138 с.

СУДОВОЖДЕНИЕ

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ ЗА ВИНТОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ СУДОВ

П.С.Чернышов, О.В.Приданова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Проведены натурные исследования поля скоростей за винтовыми движителями судов.

С целью проверки, созданной методики расчета поля скоростей за винтовыми движителями судов, были проведены контрольные замеры скоростей в струях за движителями серийных речных судов.

Для проведения натуральных испытаний было выбрано два объекта – теплоходы проектов 522 и 428. При этом судно проекта 522 имело один комплекс винт – неподвижная насадка с рулем в качестве движительно-рулевого комплекса, а теплоход проекта 428 был оборудован двумя винтами в поворотных насадках. Для получения более достоверной картины течения в струе за комплексом на судне проекта 522 на время проведения испытаний был снят руль.

Раздельное определение компонентов вектора скорости в реальной структуре технически осуществить достаточно сложно, потому что применение зондов и трубок Пито, а также индукционных и иных датчиков скорости в потоке со значительной аэрацией при наличии взвеси тяжелых фракций грунта приводит к большим погрешностям измерений. В связи с этим в условиях натурального эксперимента определялась только полная вызванная скорость.

Для замера поля скоростей использовалась стандартная гидрометрическая вертушка типа ГР-21, соединенная со счетчиком импульсов и параллельно с сигнальной лампой, используемой лишь для контроля. Для гидрометрической вертушки была изготовлена специ-

альная шарнирная подвеска с двумя степенями свободы, а сама вертушка имела хвостовик, позволяющий стабилизировать ее в двух взаимно - перпендикулярных плоскостях по направлению максимальной вызванной скорости. При этом система вертушка-хвостовик была сбалансирована таким образом, что ее соединение с подвеской осуществлялось в центре тяжести.

Подвеска с вертушкой крепилась к вертикальному штоку, который, перемещаясь в вертикальной плоскости, позволял замерять максимальные скорости от движителя на различных глубинах. Помимо этого было обеспечено горизонтальное перемещение вертикального штока с вертушкой по консоли, закрепленной в кормовой оконечности судна в плоскости винтового батокса, что позволяло производить измерения на различных расстояниях от судовых движителей.

Замеры поля скоростей производились при относительных $t = \frac{H}{T} \geq 5,0$ осадках, что позволяет пренебречь влиянием дна на распространяющуюся от движителя струю при тех значениях продольного расстояния от движителя, на которых производились измерения.

Исследование распределения скоростей в струе от движителя судна проекта 428 производилось в районе Нижневартовского порта, а для судна проекта 522 местом испытания было выбрано Обское водохранилище.

Движители испытываемых судов с комплексом винт-насадка имели следующие характеристики:

– для судна проекта 428:

$$D = 1,71 \text{ м}; \quad \Theta = 0,8; \quad z = 5; \quad H/D = 0,89; \quad \bar{\ell}_H = 0,81; \quad \alpha_e = 1,32; \quad \beta_a = 1,16;$$

– для судна проекта 522:

$$D = 0,8 \text{ м}; \quad \Theta = 0,55; \quad z = 4; \quad H/D = 1,68; \quad \bar{\ell}_H = 0,74; \quad \alpha_e = 1,30; \quad \beta_a = 1,10.$$

Заметим, что для сравнения полученных экспериментальных данных с результатами модельных испытаний необходимо учесть влияние корпуса на работу винта в насадке.

Влияние формы кормовых обводов на величину коэффициента засасывания можно определить, используя следующую зависимость [1]:

$$t_{0H} = \frac{1}{4\kappa_k^2} + \bar{h}_k^2, \quad (1)$$

где t_{0H} – коэффициент засасывания корпуса судна в швартовном режиме;

\bar{h}_k – коэффициент полноты площади кормового подзора перед входным сечением направляющей насадки в плоскости батокса, где располагается ось гребного вала.

В выражении (1) \bar{h}_k и κ определяются из следующих соотношений:

$$\bar{h}_k = h_k/D; \quad \kappa_k = S_k/D^2, \quad (2)$$

где D – диаметр гребного винта;

h_k – величина кормового свеса;

S_k – площадь кормового подзора.

Для определения коэффициента упора винта в насадке с учетом взаимодействия движителя с корпусом судна воспользуемся следующей зависимостью:

$$K_{1He} = K_{1H}(1 - t_{0H}), \quad (3)$$

где K_{1H} – коэффициент упора винта в насадке изолированного движителя.

Принятая теоретическая схема расчета поля скоростей за судовыми движителями дает удовлетворительное совпадение с полученными натурными экспериментальными данными. Несколько большие значения отклонений теории от эксперимента у теплохода пр. 428 объясняются влиянием стабилизатора поворотной насадки, снять который не представлялось возможным.

1 **Сандлер, Л.Б.** К практическому расчету характеристик взаимодействия комплекса винт-насадка с корпусом судна при произвольном режиме работы двигателя. – Труды НИИВТ, вып.152, Новосибирск, 1980, -С. 3-7.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

**ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО
БЕТОНА (БЕТЭЛА) ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА
ЗАЗЕМЛЯЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ**

**Ю.В. Демин, Г.В. Иванов, Б.С. Кравченко, Е.Ю. Кислицин,
А.И. Мозилов, Е.Г. Алаев**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Одной из важнейших частей электроустановок является заземляющее устройство (ЗУ). По мере совершенствования электроустановок и способов передачи и использования электроэнергии появляются все новые требования к заземлителям. Как показывает опыт эксплуатации и литературный обзор, использование в странах СНГ стальных искусственных заземлителей приводит к появлению проблем, связанных с коррозией заземлителей, особенно при эксплуатации в агрессивных грунтово-климатических условиях. Это тесно связано с вопросами долговечности заземлителей. Создание качественного заземлителя возможно на основе применения современных материалов, обладающих новыми свойствами.

Во второй половине прошлого века в СИБНИИЭ под руководством д.т.н., профессора Вершинина Ю.В. были предприняты попытки разработать конструкцию заземлителей из нового электротехнического материала – электропроводного бетона (БЕТЭЛа).

Проводящий электротехнический бетон (БЕТЭЛ) представляет собой композиционный материал, получающийся в результате отвердевания смеси порошка поликристаллического углерода, выполняющего роль проводящей фазы, цемента, являющегося связкой, и инертных заполнителей (щебень, песок и т.п.).

Результаты исследований показали, что бетэл целесообразно использовать для изготовления заземляющих конструкций. Но, несмотря на это, бетэл не нашел широкого применения для изготовления реальных конструкций заземлителей, что связано с удорожанием конструкции и усложнением технологии изготовления.

В настоящее время производится реконструкция подстанций, которая включает в себя использование электронных защит взамен устаревших электромагнитных. Это связано с широким применением электронной аппаратуры и микропроцессорной техники.

В прошлом заземляющие устройства проектировались под другие условия. Теперь же, в связи с внедрением цифровой техники, существующие ЗУ не отвечают современным требованиям. На ЗУ, особенно при воздействии высоких частот тока, возникает неэквипотенциальность, которая приводит к выходу из строя цифровой техники. Весьма актуальными становятся задачи выравнивания потенциала и улучшения электромагнитной обстановки в зоне расположения зданий с электронной аппаратурой. Для решения этих проблем целесообразно использовать покрытие из бетэла.

Этот способ улучшения электромагнитной обстановки выносится в качестве альтернативы стандарту МЭК 61024, в котором предлагается укладывать дополнительную медную сетку с мелкими ячейками. Но медь, как мощный катод, будет способствовать разрушению стальных (алюминиевых и др.) конструкций. В то же время использование сетки с мелкими ячейками приводит к увеличению индуктивности, что, в свою очередь, отрицательно скажет-

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО БЕТОНА (БЕТЭЛА) ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ЗАЗЕМЛЯЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

ся на выравнивании потенциала.

В связи с вышеизложенным в данной статье рассматриваются следующие вопросы:

- Оценка степени выравнивания потенциала на ЗУ при использовании покрытия бетэла;
- Определение влияния бетэлового покрытия на коррозию элементов заземляющей системы.

- Выравнивание потенциала на заземляющем устройстве с помощью электропроводного бетона (бетэла)

С целью выравнивания потенциала на ЗУ электроустановок и улучшения электромагнитной обстановки специалисты фирмы ООО «ЭЗОП» так же предлагают использовать стандарт МЭК 61024 и укладывать дополнительную сетку с мелкими ячейками в зоне расположения зданий и помещений, насыщенных электронной цифровой аппаратурой. Недостатками данного метода защиты являются использование дефицитного металла и его высокая стоимость, а также отрицательное воздействие меди на коррозию других элементов заземляющей системы. Альтернативным вариантом является применение бетэла для выравнивания потенциала.

Такая возможность появилась после разработки составов бетэла с высокой электропроводностью и достаточной прочностью на сжатие [1]. Кроме того, бетэл имеет минимальную индуктивность, что будет способствовать лучшему выравниванию потенциала, а так же снизится общее сопротивление растеканию.

Оценим выравнивание потенциала в случае расположения бетэлового покрытия над ЗУ. Кроме того, представляет интерес изучение влияния физического состава бетэла на эффективность выравнивания потенциала. Известно, что идеальное эквипотенциальное покрытие – это стальной лист на поверхности грунта. В связи с этим дальнейшие расчеты выполнены для стали и бетэла (размеры: полоса шириной $b=2$ м, длиной $l=5$ м, а так же круга диаметром $d=10; 20; 50; 100$, м).

Таблица 1 – Состав и свойства бетэла

Состав	Цемент, %	Сажа, %	Крупный наполнитель (5-25мм), %	Мелкий наполнитель (0,1-5мм), %	ОП-10, %	Вода, %	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Предел прочности при сжатии, МПа
1	40	5,2	24	14,5	0,3	16	0,9	32,6
2	15	7,3	30	39,4	0,3	8	0,16	14
3	30	10	16,5	25	0,3	14	0,08	14,5
4	30	3	21	30	0,3	12	2,9	32
5	30	5,2	45	7,3	0,3	12,2	0,38	14,1
6	30	5,2	1	51,3	0,3	2,3	0,48	14,2
7	20	5,2	3	62	0,3	9,5	0,42	13,9
8	35	5,2	42,5	3	0,3	14	0,34	16,4
9	29,5	5,2	8	42,5	0,15	14,65	1,2	14,6
10	30	5,2	9	43,5	0,15	11,8	0,49	20

Изменение потенциала на покрытии оценим по выражению:

$$\varphi = \varphi_0 \exp\left(-x \sqrt{\frac{R_m}{R_n}}\right),$$

где φ – потенциал в точке x , В

φ_0 – потенциал в точке ввода тока, В.

Поскольку стальная пластина и слой бетэла располагаются на поверхности, то сопротивление растеканию для пластины определим по формуле [2]:

$$R_{\pi} = \frac{\rho_3}{\pi l} \ln \frac{4l}{b},$$

где ρ_3 – удельное электрическое сопротивление песчано-гравийной засыпки на подстанции, $\rho_3 = 400$ Ом·м;

l – расстояние от места ввода тока, м;

b – ширина полосы, м.

Для круга сопротивление растеканию оценим по формуле [2]:

$$R_{\pi} = \frac{\rho_3}{2 \cdot d}, \quad (3)$$

где d – диаметр круга, м.

Сопротивление слоя стали и бетэла (пренебрегая толщиной) по формуле [2]:

$$R_m = \frac{\rho_m}{S}, \quad (4)$$

где ρ_m – удельное электрическое сопротивление стали, для бетэла согласно таблицы 1, $\rho_m = 0,135$ Ом·м;

S – площадь покрытия, м².

Результаты расчетов по выравниванию потенциалов на заземляющем устройстве для полосы и круга разного диаметра – в таблице 2.

Степень выравнивания потенциала бетэлом оценивалось по отношению к стальной полосе, $\varphi_{бет} / \varphi_{стали}$

Таблица 2 – Степень выравнивание потенциала

Состав	Полоса	диаметр круга, м			
		10	20	50	100
1	0,942	0,929	0,901	0,849	0,793
2	0,997	0,996	0,994	0,991	0,987
3	0,997	0,996	0,995	0,992	0,986
4	0,871	0,845	0,788	0,686	0,587
5	0,975	0,969	0,957	0,932	0,905
6	0,967	0,960	0,944	0,912	0,878
7	0,971	0,965	0,951	0,924	0,894
8	0,978	0,973	0,962	0,941	0,918
9	0,928	0,912	0,878	0,814	0,748
10	0,966	0,959	0,942	0,910	0,876

Из таблицы 2 следует, что для целей выравнивания потенциала пригодны все приведенные составы, т. к. дают практически эквипотенциальное покрытие, что существенно улучшит электромагнитную обстановку на электроустановке. В то же время при увеличении площади покрытия для круга $d > 50$ м, возрастает неэквипотенциальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Жук, Н.П.** Коррозия и защита металлов. Расчеты. М.: МАШГИЗ, 1957. - С. 299-302.
- 2 **Демин, Ю.В.** Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Книга 2. Практические рекомендации. / Ю.В. Демин, Р.Ю. Демина, П.В. Горелов // Под ред. д.т.н. проф. В.П. Горелова. -Новосибирск: НГАВТ, 1998. -59 с.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ЖЁСТКОСТИ И НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

И.В. Вяльцев, В.Ю. Гросс

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Проведен анализ динамических свойств виброизолятора с плавающим участком нулевой жёсткости, содержащего включенный параллельно упругому элементу электромагнитный компенсатор жёсткости с нелинейным регулятором напряжения. В качестве нелинейного звена в регуляторе применено звено с зоной нечувствительности.

В [1] была рассмотрена структурная схема виброизолирующей подвески с электромагнитным компенсатором жёсткости и линейным регулятором, позволяющим обеспечить «плавание» участка нулевой жёсткости при изменении внешней нагрузки. Недостатком такой системы является непрерывная перестройка регулятора при работе в стационарных режимах, что, в конечном счёте, приводит к снижению качества виброизоляции защищаемого объекта. Для устранения этого недостатка в контур регулятора напряжения электромагнитов целесообразно ввести звено с нелинейностью типа «зона нечувствительности» [2]. Ширина зоны нечувствительности должна быть не меньше размаха колебаний вибрирующего объекта. Структурная схема предлагаемой системы приведена на рисунке 1.

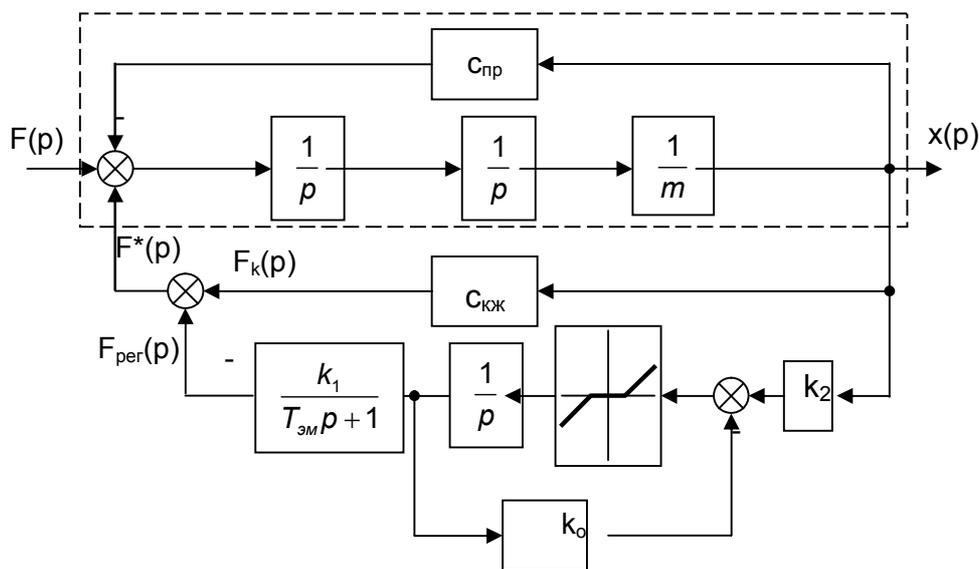


Рисунок 1 – Структурная схема упругого элемента с компенсатором жёсткости и нелинейным регулятором

Обозначения: $C_{пр}$ –коэффициент жёсткости пружины; m –масса вибрирующего объекта; $C_{юк}$ –коэффициент жёсткости компенсатора; $T_{эм}$ –постоянная времени электромагнита; k_1 –передаточный коэффициент электромагнита; k_2 –передаточный коэффициент датчика перемещения; k_0 –коэффициент обратной связи нелинейного регулятора.

Преобразуем выделенную пунктиром часть структурной схемы на рисунке 1:

$$W_{yз}(p) = \frac{x(p)}{F(p)} = \frac{\frac{1}{m \cdot p^2}}{1 + \frac{1}{m \cdot p^2} \cdot c_{пр}} = \frac{1/c_{пр}}{\frac{m}{c_{пр}} \cdot p^2 + 1}, \quad (1)$$

где $W_{yз}(p)$ – передаточная функция упругого элемента.

Примем следующие обозначения:

$$k_{пр} = \frac{1}{c_{пр}}, \quad \omega_c = \sqrt{\frac{c_{пр}}{m}}.$$

Преобразованная структурная схема представлена на рисунке 2.

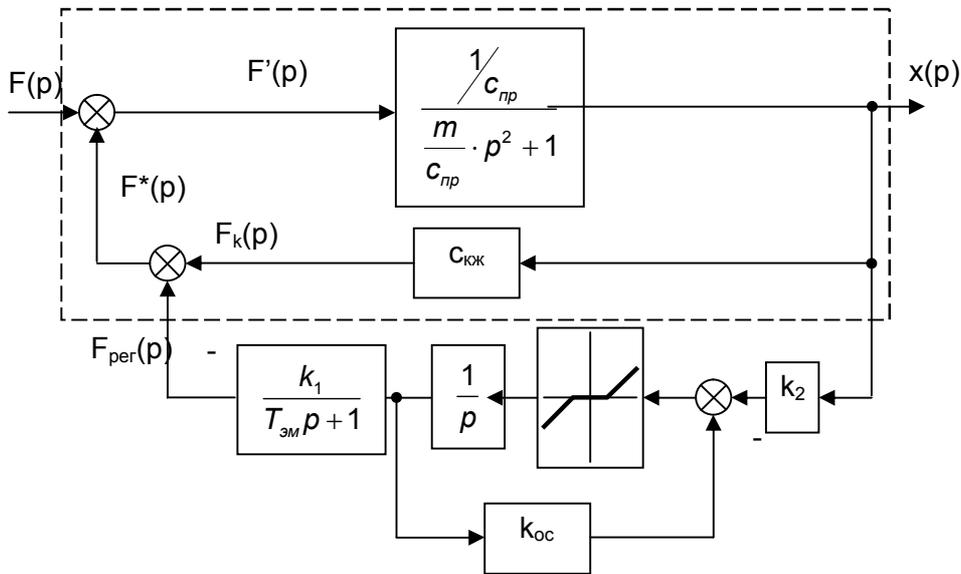


Рисунок 2 – Расчетная структурная схема после преобразований

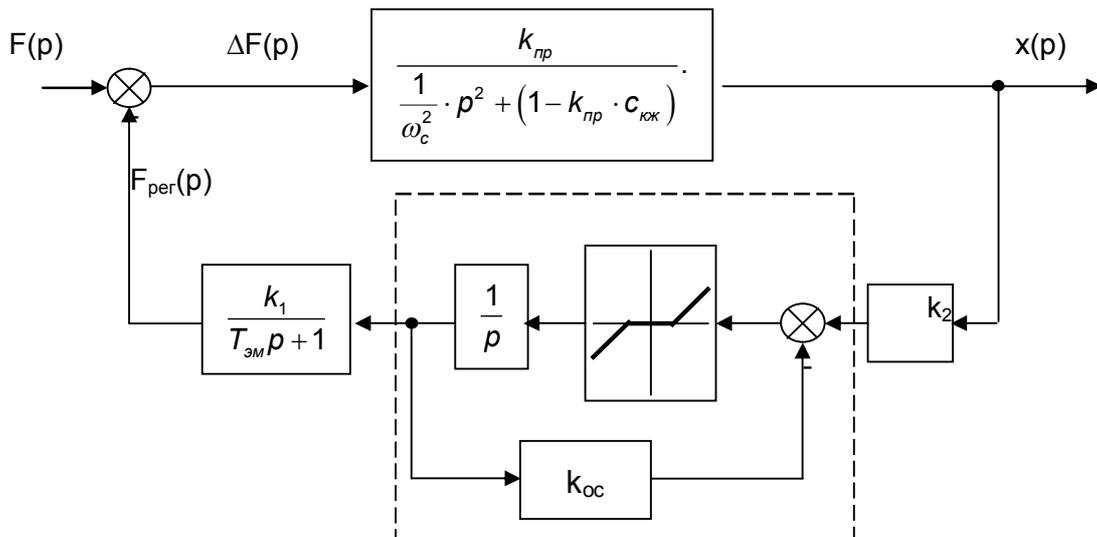


Рисунок 3 – Структурная схема для определения динамических свойств системы

**АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ
ЖЁСТКОСТИ И НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ**

Определим передаточную функцию выделенной пунктиром части (рисунок 2) структурной схемы:

$$W_{su}(p) = \frac{x(p)}{\Delta F(p)} = \frac{\frac{k_{пр}}{\omega_c^{-2} \cdot p^2 + 1}}{1 - \left[\frac{k_{пр}}{\omega_c^{-2} \cdot p^2 + 1} \right] \cdot c_{кж}} = \frac{k_{пр}}{\omega_c^{-2} \cdot p^2 + (1 - k_{пр} \cdot c_{кж})} \quad (2)$$

После преобразования исходная структурная схема примет вид (рисунок 3).

Так как система нелинейна, в ней могут возникнуть вынужденные автоколебания. Для определения возможности такого режима воспользуемся алгебраическим способом определения симметричных автоколебаний [3]. Пусть структурная схема, приведенная на рисунке 3 с нелинейным звеном в цепи обратной связи, имеет передаточную функцию $W_{н.з.}$, а передаточная функция линейной части $W_{л.}$ имеет свойство фильтра.

Для упрощения на первом этапе рассмотрим только цепь регулятора с нелинейным элементом (рисунок 4).

Пусть в схеме на рисунке 4 нелинейное звено описывается уравнением:

$$x_2 = F_1(\Delta x), \quad (3)$$

Гармонически линеаризуем нелинейность:

$$F_1 = q(a) \Delta x, \quad (4)$$

где q – коэффициент гармонической линеаризации, равный для характеристики, приведенной на рисунке 5 [3],

$$q = k_1 - \frac{2k_1}{\pi} \left(\arcsin \frac{b_1}{a} + \frac{b_1}{a} \sqrt{1 - \left(\frac{b_1}{a} \right)^2} \right) \text{ при } a > b_1 \quad (4')$$

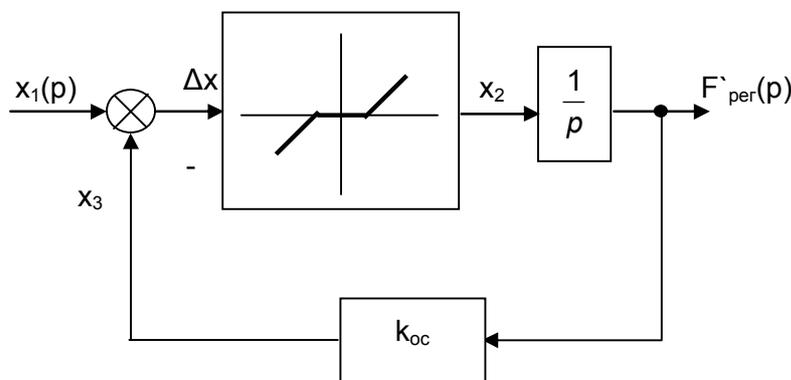


Рисунок 4 – Структурная схема нелинейного регулятора

Передаточная функция нелинейного регулятора (рисунок 4)

$$W_{рег}(p) = \frac{x_1(p)}{F_{рег}(p)} = \frac{\frac{q(a)}{p}}{1 + \left[\frac{q(a)}{p} \right] \cdot k_{oc}} = \frac{q(a)}{p + q(a) \cdot k_{oc}}, \quad (5)$$

а в целом гармонически линеаризованная структурная схема исследуемой системы примет вид, показанный на рисунке 6.

По структурной схеме на рисунке 6 определим передаточную функцию разомкнутой системы

Вяльцев И.В.,
Гросс В.Ю.

$$W_{p.cуст.}(p) = \frac{F_{рез}(p)}{\Delta F(p)} = \frac{k_{пр}}{\omega_c^{-2} \cdot p^2 + (1 - k_{пр} \cdot c_{кж})} \cdot \frac{q(a) \cdot k_1 \cdot k_2}{(T_{эм}p + 1)(p - q(a) \cdot k_{ос})} =$$

$$= \frac{k_{пр} \cdot q(a) \times}{\omega_c^{-2} (T_{эм} \cdot p^4 + T_{эм} \cdot q(a) \cdot k_{ос} \cdot p^3 + q(a) \cdot k_{ос} + T_{эм} \cdot \omega_c^2 \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж}) \cdot p^2) +$$

$$+ (1 - k_{пр} \cdot c_{кж}) \cdot (q(a) \cdot k_{ос} \cdot T_{эм} + 1)p + q(a) \cdot k_{ос} \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж})} \times k_1 \cdot k_2$$

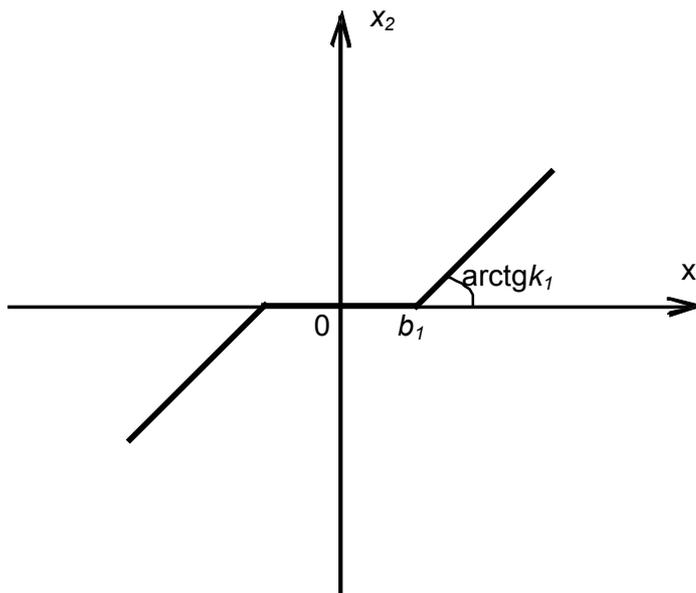


Рисунок 5 – Характеристика нелинейного элемента регулятора

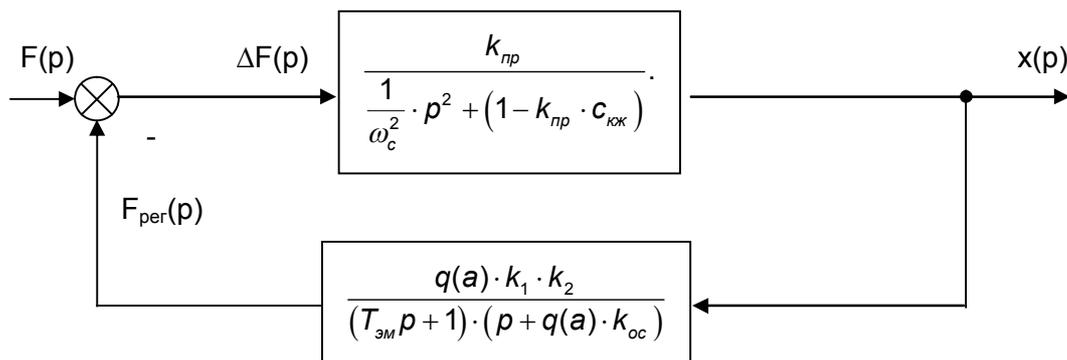


Рисунок 6 – Структурная схема гармонически линеаризованной системы

После преобразования получим систему четвертого порядка:

$$W_{p.cуст.}(p) = \frac{F_{рез}(p)}{\Delta F(p)} = \frac{k_{p.cуст.}}{a_4 \cdot p^4 + a_3 \cdot p^3 + a_2 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_0}, \quad (6)$$

где $k_{p.cуст.} = k_{пр} \cdot q(a) \cdot k_1 \cdot k_2$;

$$a_4 = \frac{T_{эм}}{\omega_c^2}; \quad a_3 = \frac{T_{эм} \cdot q(a) \cdot k_{ос}}{\omega_c^2}; \quad a_2 = \frac{q(a) \cdot k_{ос} + T_{эм} \cdot \omega_c^2 \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж})}{\omega_c^2};$$

**АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ
ЖЁСТКОСТИ И НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ**

$$a_1 = (1 - k_{пр} \cdot c_{кж}) \cdot (q(a) \cdot k_{ос} \cdot T_{эм} + 1); \quad a_0' = q(a) \cdot k_{ос} \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж}).$$

Для определения динамических свойств представленной на рисунке 6 системы автоматического регулирования, найдём частоту и амплитуду симметричных автоколебаний. С этой целью из (6) составим характеристическое уравнение гармонически линеаризованной системы.

$$a_4 \cdot \lambda^4 + a_3 \cdot \lambda^3 + a_2 \cdot \lambda^2 + a_1 \cdot \lambda + a_0 = 0, \quad (7)$$

где $a_0 = (a_0' + k_{р.суст.})$.

Так как характеристическое уравнение (7) должно иметь периодическое решение, то его корни должны быть чисто мнимыми ($\lambda = j\omega$). Тогда

$$a_4 \cdot (j\omega)^4 + a_3 \cdot (j\omega)^3 + a_2 \cdot (j\omega)^2 + a_1 \cdot j\omega + a_0 = 0. \quad (8)$$

Из (8) выделим вещественную $X(a, \omega)$ и мнимую $Y(a, \omega)$ части и получим систему двух алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} X(a, \omega) = a_4 \cdot \omega^4 - a_2 \cdot \omega^2 + a_0 = 0; \\ Y(a, \omega) = a_1 \cdot \omega - a_3 \cdot \omega^3 = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Решив систему относительно a и ω найдем амплитуду (a) и частоту (ω) симметричных автоколебаний. Частота автоколебаний

$$\omega = \sqrt{a_1/a_3} \quad \text{или} \quad \omega = \omega_c \sqrt{1 - k_{пр} \cdot c_{кж}}. \quad (10)$$

Подставив в первое уравнение системы (9) значения из (6) и (12), получим

$$\begin{aligned} \frac{T_{эм}}{\omega_c^2} \cdot (\omega_c \sqrt{1 - k_{пр} \cdot c_{кж}})^4 - \frac{q(a) \cdot k_{ос} + T_{эм} \cdot \omega_c^2 \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж})}{\omega_c^2} \cdot (\omega_c \sqrt{1 - k_{пр} \cdot c_{кж}})^2 + \\ + q(a) \cdot k_{ос} \cdot (1 - k_{пр} \cdot c_{кж}) + k_{р.суст.} = 0, \end{aligned}$$

и решив это уравнение относительно коэффициента гармонической линеаризации $q(a)$, найдём

$$q(a) = 0. \quad (11)$$

Амплитуду симметричных автоколебаний проще определить по графику $q=f(a)$ [4], построенному по (4'). Вид этого графика показан на рисунке 7.

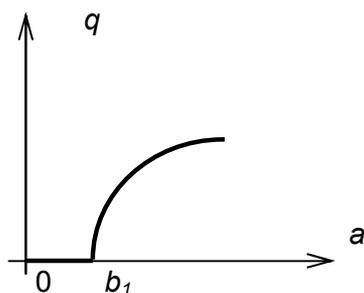


Рисунок 7 – Зависимость амплитуды автоколебаний от коэффициента гармонической линеаризации

Анализ полученного выражения (10) для частоты автоколебаний показывает, что автоколебания в предложенной системе возникают при жёсткости пружины больше жёсткости компенсатора, а амплитуда автоколебаний лежит в пределах зоны нечувствительности.

Согласно [5], для обеспечения идеальной виброизоляции, жёсткости пружины и компенсатора должны быть равны. В этом случае значения коэффициентов характеристического уравнения (7) примут вид:

**Вяльцев И.В.,
Гросс В.Ю.**

$$a_4 = \frac{T_{эм}}{\omega_c^2}, \quad a_3 = \frac{T_{эм} \cdot q(a) \cdot k_{ос}}{\omega_c^2}, \quad a_2 = \frac{q(a) \cdot k_{ос}}{\omega_c^2},$$
$$a_1 = 0, \quad a_0 = k_{p.суст.} = k_{пр} \cdot q(a) \cdot k_1 \cdot k_2,$$

а само уравнение

$$a_4 \cdot \lambda^4 + a_3 \cdot \lambda^3 + a_2 \cdot \lambda^2 + a_0 = 0.$$

Так как значение коэффициента при первой производной равно нулю, то в соответствии с алгебраическим критерием устойчивости Гурвица [4] система является структурно неустойчивой. Следовательно, как и в системе с линейным регулятором для повышения запаса устойчивости требуется введение корректирующего звена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Лесных, А.С.** Виброизолирующие подвески судовых ДВС с электромагнитным компенсатором жёсткости [Текст]: автореферат дис. канд. техн. наук/ А. С. Лесных.– Новосибирск, 2005. – 16 с.

2 **Вяльцев, И.В.** Электромагнитный корректор жесткости с нелинейным регулятором [Текст]: Материалы конференции профессорско-преподавательского состава ФГОУ ВПО «Новосибирской академии водного транспорта» и научно-технических работников речного транспорта и других отраслей / И.В. Вяльцев, В.Ю. Гросс. - Новосибирск: Часть I, - 2007.

3 **Попов, Е.П.** Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления [Текст]: Учеб. пособие.- 2-е изд., стер. – М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.-256 с. – ISBN 5-02-013903-3.

4 **Бесекекерский, Е.А.** Теория систем автоматического управления [Текст]: учебник / Е.А. Бесекекерский, Е.П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб: «Профессия», 2003. – 752с.

5 **Зуев, А.К.** Основы теории виброизоляции [Текст]: труды / А.К. Зуев– Новосибирск: Новосибирский институт инженеров водного транспорта, -1983. – Вып. 163.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Г.В. Иванов, Б.С. Кравченко, А.И. Мозилов,
А.А. Чураков, А.С. Лесных**

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Приведены результаты разработки комплексной защиты от коррозии электросетевых конструкций.

В энергетике России используются различные электросетевые конструкции (ЭК):

- силовые кабели;
- железобетонные конструкции;
- стальные искусственные заземлители и т.п.

По правилам устройства электроустановок (ПУЭ) все указанные конструкции должны быть заземлены, что в итоге создает заземляющие системы (ЗС). В процессе эксплуатации конструкции подвергаются одновременному воздействию постоянных и переменных токов, токов к.з. и молнии, а также коррозии, старению материалов, циклов «замораживания-оттаивания».

Деструктивные факторы снижают предельно допустимые (нормативные) значения для токовых и механических нагрузок. В связи с этим коррозия и другие деструктивные воздействия являются основными факторами, определяющими срок службы ЭК.

В агрессивных грунтово-климатических условиях срок службы ЭК в 3-5 раз ниже амортизационного. Это приводит к авариям и большим ущербам, например, в июне 2004 г. в Иркутскэнерго упало 342 опоры 110, 220 и 500 кВ.

Учитывая, что в современной России мал объем электросетевого строительства, а срок службы конструкций увеличивается, актуальность работ по повышению надежности их работы существенно возрастает [1-5].

Существующие методы оценки коррозионного состояния электросетевых конструкций нас не устраивают. Так, оценка коррозии металлических конструкций [6] и ЖБК [7] дают качественную оценку опасности коррозии материала и не учитывают реальных размеров конструкций и их взаимные влияния [1].

С точки зрения коррозии ЗС представляет собой многоэлектродную систему, так как в ней объединены конструкции из различных материалов, имеющих разные потенциалы.

Управлять сроком службы ЭК можно, зная механизм их коррозии.

Гораздо лучше отражает коррозионные процессы в ЗС теория многоэлектродных электрохимических систем Н.Д. Томашова и Г.В. Акимова.

Она позволяет определять режимы работы электродов («анодный» или «катодный») через коррозионные токи и соотношение их поверхностей. Но эта теория разработана для лабораторных условий. Нас интересует исследование механизма коррозии реальных конструкций при конкретных воздействиях (токов, грунта и т.д.).

Наиболее опасные коррозионные разрушения наблюдаются при воздействии постоянных токов на ЗС. При этом необходимо рассмотреть:

- плавку гололёда ВЛ 110 кВ и выше на постоянном токе по схеме «провод-земля»;
- воздействие блуждающих токов электрофицированных ж.д.;

При отсутствии воздействия постоянных токов, наиболее опасна «физическая» коррозия бетона, которая происходит из-за увеличения объема кристаллогидратов, например, для сульфатов на 311% при температуре точки фазового перехода (+)32,3 °С (таблица 1). Металлические конструкции при этом разрушаются по электрохимическому механизму.

Таблица 1 – Увеличение объема кристаллогидратов [по А.И. Минасу]

Исходная соль	Кристаллогидрат	Температура фазового перехода, °С	Увеличение объема, %
NaCl	NaCl·2H ₂ O	0,15	130
Na ₂ SO ₄	NaSO ₄ ·10H ₂ O	32,3	311
Na ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	33,0	148
MgSO ₄ –6H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O	47,0	11
MgSO ₄ –H ₂ O	MgSO ₄ ·6H ₂ O	73,0	145

Существующие методы защиты ЗС, например, с помощью электродренажей и катодных станций обеспечивают защиту только металлических частей конструкций, но бетон разрушается по другому механизму (от «физической» коррозии и других видов) и, следовательно, не будет защищен.

СибНИИЭ предложил защиту ЖБ ЭК от «физической» коррозии с помощью объемных диафрагм из полимербетона, но полимеры быстро стареют и необходимо искать другие методы.

Особо, следует отметить, что в 1998 г. в ПУЭ (7-я редакция) ужесточены требования к механической прочности конструкций и необходимы исследования по повышению механических характеристик ЭК. По защите от коррозии силовых кабелей. Кабели рассматриваются как отдельные конструкции, в то же время они являются элементами многоэлектродной ЗС и, следовательно, подвергаются различным влияниям.

В работе рассмотрены вопросы электрокоррозии ЗС при плавке гололёда на постоянном токе на реальных электроустановках Сахалинэнерго [4].

Установлено, что, например, на Южно-Сахалинской ГРЭС (+) установки плавки гололё-

да (УПГ) постоянно заземлен на ЗС. Это приводит к электрокоррозии заземлителей, а так же линий, заземленных на данную ЗС т.к. сотни ампер протекают через ЗС в течение продолжительного времени (рисунок 1).

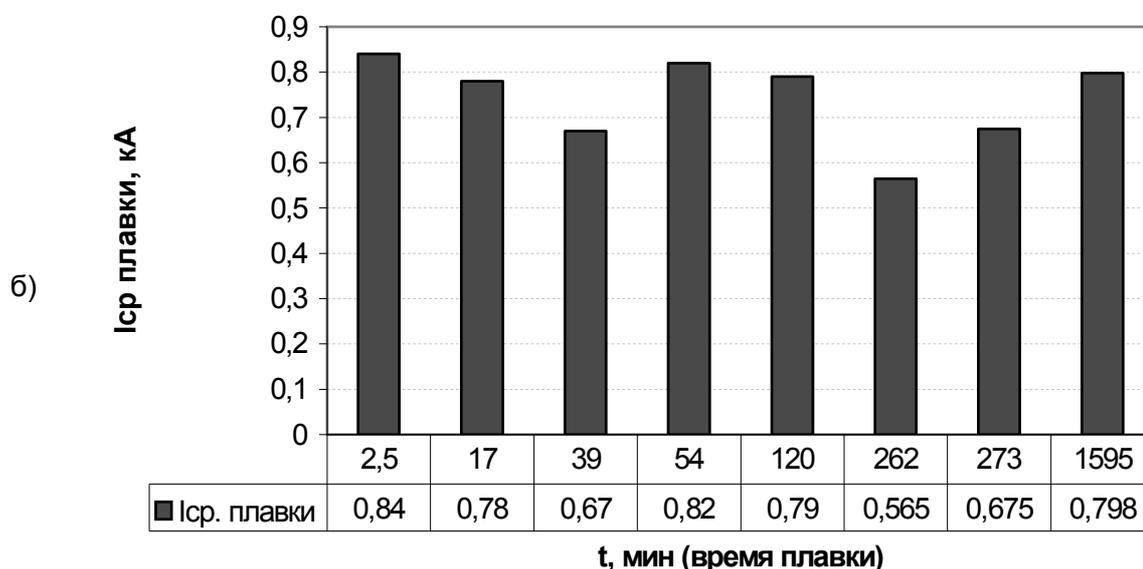
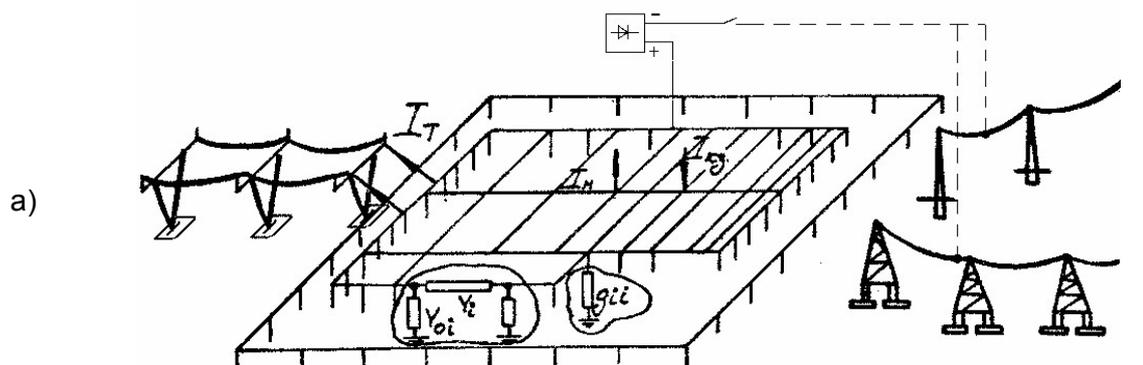


Рисунок 1 – Исследование электрокоррозии электросетевых конструкций:
а) Установка плавки гололёда (УПГ); б) Общее время плавок линии
через землю и средний ток плавков

Рекомендовано переполюсовать УПГ и постоянно заземлить (-) на ЗС Южно-Сахалинской ГРЭС при этом будет катодная поляризация ЗС (катодная защита).

Конечно, (+) будет подаваться через ВЛ на ЗС других подстанций, но время электрокоррозии будет меньше.

Выявлена сильная коррозия на ЗС подстанции 220 кВ «Макаровская». Для ЗС подстанции 220 кВ «Макаровская» рассчитана катодная защита [2]. При этом рассчитывается необходимая защитная плотность тока по регрессионному уравнению:

$$\ln I = -5,9 + 2,12 \ln n - 0,8 \ln(\rho_3 n) + 0,83 \ln(\rho_3 i) \quad (1)$$

где I – величина защитного тока (А);

ρ_3 – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

n – количество стоек типа УСО;

i – требуемая защитная плотность тока, мА/м².

Определяется необходимое количество анодов:

$$N = \frac{I}{SK_u}$$

**КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

где S – площадь поверхности одного анода, м²;
 K – среднее относительное расстояние между анодами, м;
 K_u – коэффициент использования анодов.

Рассчитывается требуемая мощность катодной защиты (Вт) по выражению:

$$\ln P = -10,2 + 1,4 \ln(\rho_s n) + 2,9 \ln(K \cdot i) - 1,35 \ln(\rho_s i) - 2,72 \ln K. \quad (2)$$

Для катодной защиты ЗС подстанции 220 кВ «Макаровская» рекомендованы две катодные станции КСС-1200, общей мощностью 2,4 кВт. Разработаны рекомендации по монтажу катодной защиты и инструкция по её эксплуатации.

Оптимизировано применение катодной защиты для заземляющих устройств.

Методика основана на оптимальном времени включения защиты. В зависимости от того, когда включена защита, ущерб от коррозии меняется.

Оптимальный момент времени включения защиты определяется минимизацией функции $\Pi = f(t)$. Для этого составляющие уравнения (3) выражались функцией времени:

$$\Pi = C_n + C_k + C_3, \quad (3)$$

где Π – общие потери от коррозии;
 C_n – прямые потери от коррозии (затраты на диагностику, ремонт);
 C_k – косвенные потери из-за недоотпуска электроэнергии;
 C_3 – затраты на защиту.

Оптимальное время включения защиты определяется дифференцированием выражения (4) по времени;

$$t = 0,5 \left(T \ln \frac{C_{3,уд}}{C_{n,тр}} + t_p + 1 \right), \quad (4)$$

где T – постоянная коррозии, определяемая по формуле (5),

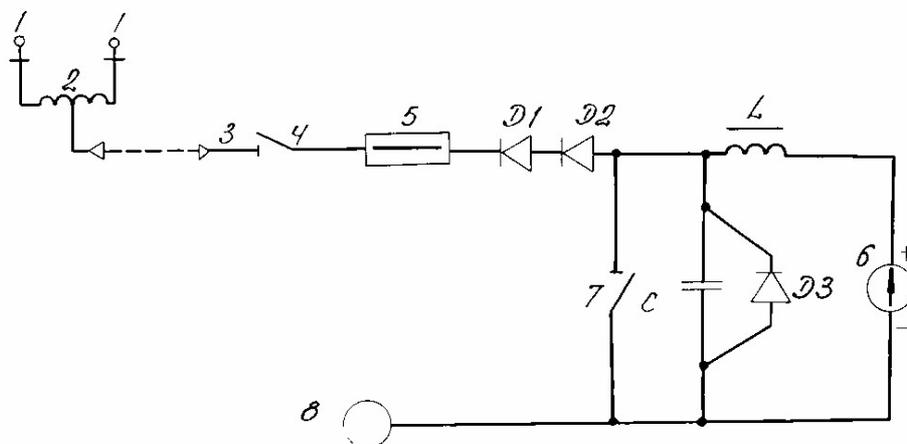


Рисунок 2 – Схема электрического дренажа

Обозначения: 1-рельсы; 2-дроссель-трансформатор ДТ-0,6-1000; 3-дренажный кабель; 4,7-разъединители Р1, Р2; 5-предохранитель (ЗОЛ); 6-преобразователь ОЧАП-6/10; 8-точка подключения дренажа (водонапорная башня)

$$T = \left(\frac{1 + b \delta_{cp}}{\delta_{cp}} \right) t, \quad (5)$$

b – постоянный коэффициент;
 $C_{3,уд}$ – удельные затраты на защиту;
 $C_{n,тр}$ – удельные потери от коррозии, рассчитанные за интервал времени $(t_0 - t_p)$;
 δ_{cp} – средняя глубина коррозии, определяемая прогнозом,

$$\delta_{cp} = a \ln^3 t + b \ln^2 t + c \ln t + d,$$

$a-d$ – постоянные коэффициенты, зависящие от грунта;
 t – время коррозии.

Такое включение защиты позволяет получить дополнительный экономический эффект, который определяется разностью полных затрат на коррозию в моменты времени t_p и t_{opt} , снижает затраты за потребляемую электроэнергию (таблица 2).

Исследовано воздействие блуждающих постоянных токов на ЗС подстанции 1150 кВ «Челябинская». На этой подстанции ранее был реализован усиленный дренаж (рисунок 2).

В исследованиях СибНИИЭ внимание уделялось только электрокоррозии стальных искусственных заземлителей. Мы акцентировали внимание на электрокоррозии железобетонных электросетевых конструкций (ЖБ ЭК). На рисунке 3 представлены токи коррозии с защитой и без нее.

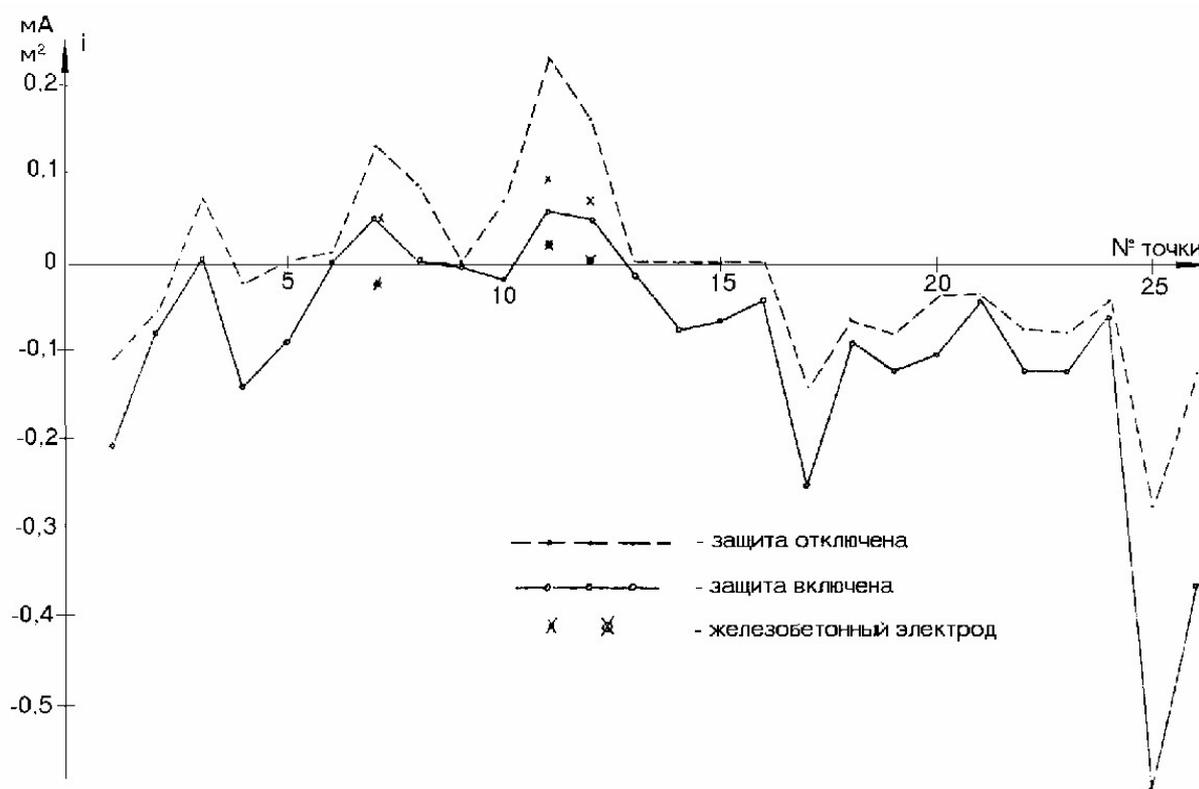


Рисунок 3 – Изменение токов коррозии при включении защиты

Доказана эффективность электродренажной защиты. Скорость коррозии металлических частей конструкций снижается до безопасных величин 0,07-0,1 мм/год.

На рисунке 4 приведены результаты исследования «физической» коррозии ЖБ ЭК. Возможность «физической» коррозии ЖБ ЭК оценивалась по нагреванию конструкций до (+) 32,3 °С. На рисунке 4 приведено изменение температуры стоек УСО в течение года и суток. В летнее время температура в надземной части стоек превосходит критическую (+) 32,3 °С. Суточный ход температуры также влияет на возможность «физической» коррозии [с 23 ч до 11 ч условий для «физической» коррозии нет].

Электрохимическая коррозия арматуры – оценивалась по распределению плотности коррозионного тока по глубине стоек УСО (рисунок 5). «Анодный» режим у арматуры наблюдается внизу, но предельной величины плотности тока ($10 \text{ mA}/\text{m}^2$), когда начинается коррозия арматуры мы не достигаем, поэтому железобетон в нижней части не разрушается.

Долговечность бетона к воздействию «физической» коррозии предложено повышать изменением его плотности и прочности.

**КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Таблица 2 – Экономический эффект от оптимального включения электрохимической защиты

Наименование подстанции, тип грунта	Постоянная коррозия T , лет	t_{opt} (годы) для использования		Увеличение экономического эффекта, раз
		катодной станции	протекторов	
Заземление подстанции 110 кВ, супесь (предгорье)	0,9	19,7	19,8	78,5 100,0
Заземление подстанции 110 кВ ТЭЦ, песок - морской ил	0,9	1,4	1,5	4,07 4,17
Заземление подстанции 220 кВ, суглинок (солончак)	0,9	1,4	1,5	3,3 3,39
Заземление подстанции 35 кВ, суглинок	0,9	37,4	37,5	91,9 100,0

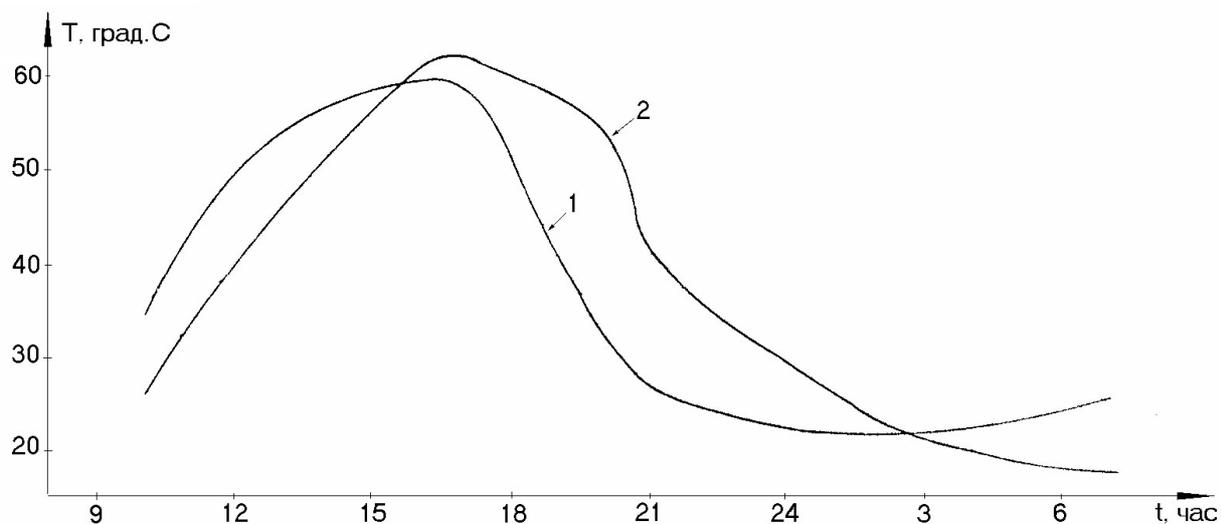
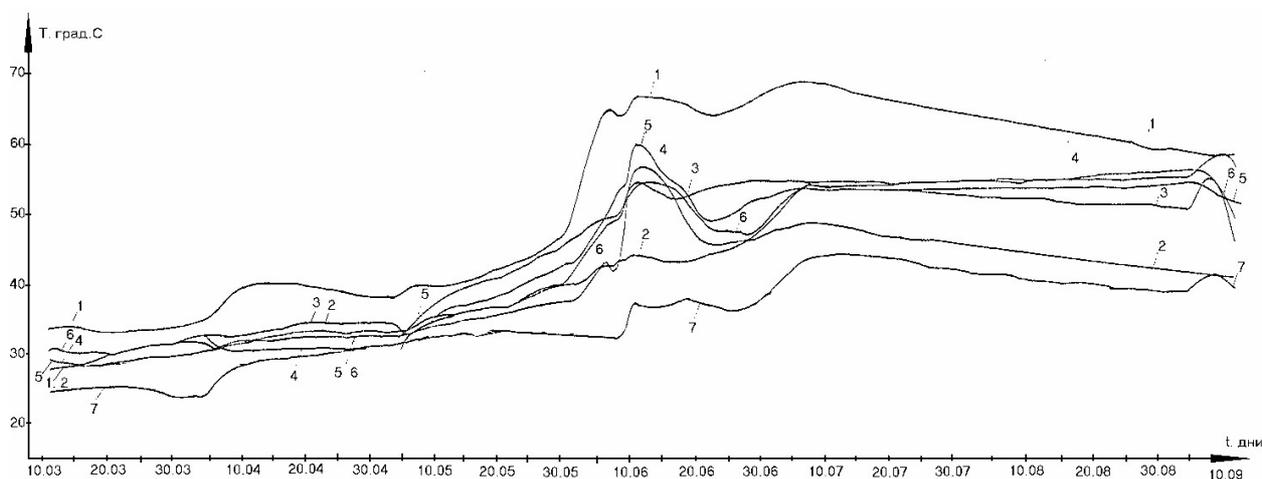


Рисунок 4 – Изменение температуры стоек УСО

С целью повышения физико-механических характеристик (плотности и прочности) ЖБ ЭК, повышения морозостойкости и коррозионной стойкости предложено использовать новую

технологии измельчения материалов (разработка Е.Н. Жирнова и др., Институт химии твердого тела СО РАН).

Использование новой энергосберегающей технологии измельчения материалов за счет создания в объеме измельчаемого материала сдвиговых сил заданной интенсивности позволило увеличить удельную поверхность цемента и песка в 1,7 раза. Это дает возможность увеличить их реакционную возможность.

В таблице 3 приведены результаты испытаний бетонных образцов на активированных материалах.

Максимальное увеличение прочности получено для состава №3 (увеличение прочности при сжатии в 2,3 раза; при изгибе – в 3 раза).

Этот состав рекомендуем для ВЛ 110 кВ и выше. Для ВЛ 35 кВ и ниже можно с успехом использовать состав №5, где использована только 1/5 часть активированного песка. Поскольку песок с размерами частиц от 50 до 100 мкм не только увеличивает реакционную способность, но и приобретает вяжущие свойства.

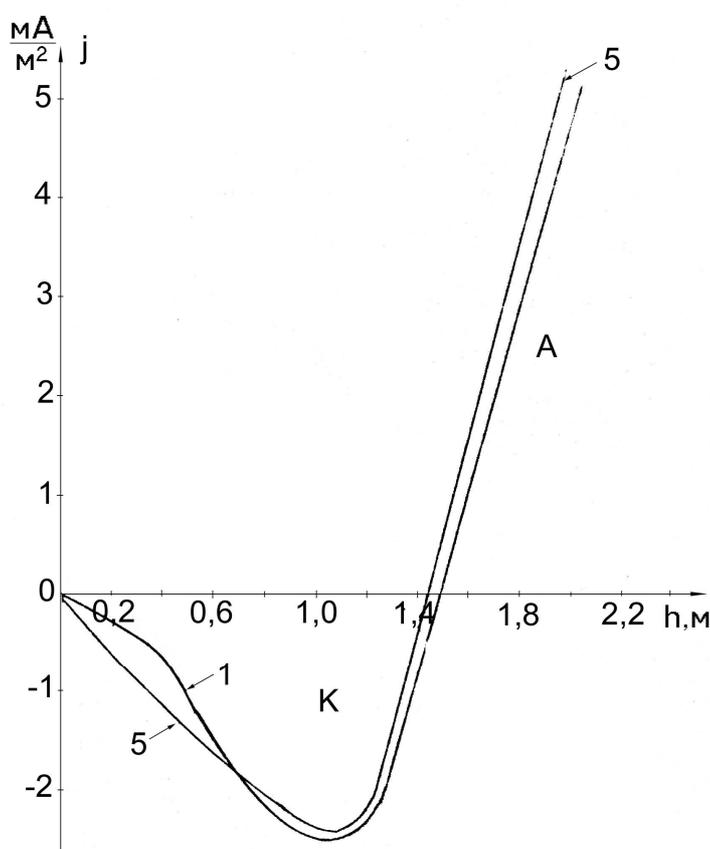


Рисунок 5 – Распределение плотности коррозионного тока на арматуре по телу стойки УСО

Оценена опасность «физической» коррозии обычного бетона и бетона с использованием активированных материалов по показателю стойкости к «физической» коррозии P_{sfk} .

Все составы бетона из активированных материалов имеют $P_{sfk} > 0,9$ и, следовательно, стойкие к воздействию «физической» коррозии (рисунок 6.). Для сравнения P_{sfk} обычного бетона (0,6-0,75) < 0,9 и он нестойк к «физической» коррозии.

Исследовалось также влияние железобетона из активированных материалов на коррозионные токи, стекающие со стальных искусственных заземлителей. Если обычный железобетон усиливает коррозию стальных искусственных заземлителей в 1,2-2,3 раза, то железобетон из активированных материалов – почти вдвое меньше, что тем самым уменьшает их

**КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

коррозию (таблица 4). Это обстоятельство обусловлено повышенным сопротивлением защитного слоя бетона из активированных материалов, за счет более плотной структуры.

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов 4×4×16 см на активированных материалах (Формировка 17.02.04; активация 15.01.04; время хранения – 32 суток)

№ состава	Соотношение компонентов (вес)	Предел прочности (МПа) и ее изменение по отношению к контрольным образцам			
		при изгибе	увеличение прочности (раз)	при сжатии	увеличение прочности (раз)
1	Ц:П = 1:3	1,59	1	10,13	1
2	ЦА:П = 1:3	2,13	1,34	13,38	1,32
3	ЦА:П:(Ц+П)А = 1:5:2	4,75	2,99	22,95	2,27
4	ЦА:П:ПА = 1:2,5:0,5	3,72	2,34	22,3	2,2
5	Ц:П:ПА = 1:2,5:0,5	2,45	1,54	21,6	2,13

Примечание: Состав №3. Цемент в растворе = ЦА+цемент из смеси (1:1). Песок состоял из обычного песка 5 ч+1 ч песок активированный из смеси. Состав №4. Цемент весь активированный, а песок состоял из 1 ч активированного песка +5 ч обычного песка. Состав №5. Цемент полностью обычный неактивированный, а песок 1 ч активированная из смеси, а 5 ч из обычного неактивированного песка.

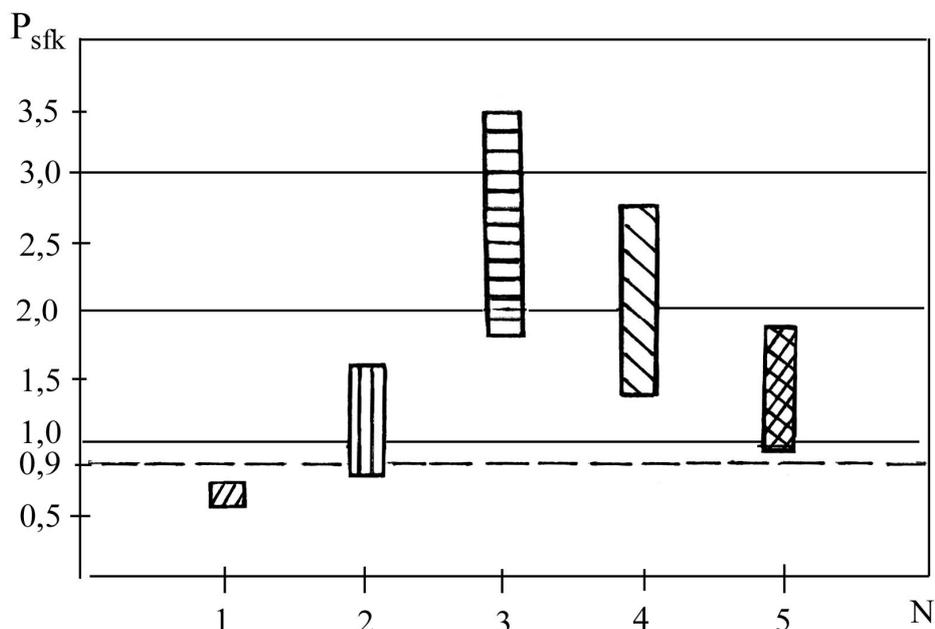


Рисунок 6 – Показатель стойкости к «физической» коррозии бетона различных составов: 1-обычный строительный бетон; 2,3,4-составы с активированными цементом и песком; 5-состав с активированным песком; N – номер состава согласно таблицы 3

$$P_{sfk} = \frac{R_p (1 - V_{п\text{откр}})}{E^{1/2} \cdot V_{п\text{откр}}} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{V_{п\text{закр}}}{V_{п\text{откр}}} \right), \quad (6)$$

где R_p – предел прочности материала при растяжении;

$V_{п\text{откр}}$, $V_{п\text{закр}}$ – пористость открытая и закрытая соответственно;

E – модуль упругости материала.

Материал стоек к «физической» коррозии, если $P_{sfk} \geq 0,9$.

Таблица 4 – Коррозионные токи макропар в ЗС из различных материалов

Режим работы коррозионных пар (анод-катод)	Ток пары, мА	Примечание (Потенциал по водородной шкале, В)
Сталь-Медь	14,00	Сталь неизолированная; \varnothing 1 см, длина 10 см; потенциал (-)0,35 В.
Сталь в бетоне-Медь	0,7	Бетон М250, \varnothing 55 мм; арматура 6 мм; длина 10 см; потенциал 0,17 В.
Сталь-Сталь в бетоне	0,24	Сталь неизолированная \varnothing 1 см, длина 10 см, потенциал (\pm 0,2)В.
Сталь в грунте-Сталь в бетоне из активированных материалов	0,125	Бетон М800, \varnothing 55 мм; арматура 6 мм; длина 10 см, потенциал (\pm 0,2)В.

Исследовался механизм коррозии силовых кабелей в заземляющей системе. Поскольку в России используются стальные искусственные заземлители, то в контакте с алюминиевой оболочкой алюминий будет работать «анодом» и разрушаться. При этом поверхность «катода» (ИЗ в ЗС) велика и это приводит к большой плотности «анодного» тока особенно в дефектах изоляции кабеля ААШВ.

Для расчёта срока службы силовых кабелей с алюминиевой оболочкой типа ААШВ; АСБ; ААБ построена регрессивная зависимость:

$$t = 11 \cdot \ln m_{SO_4^2} + 3 \cdot \ln m_{Cl^-} + 1,27 \cdot \ln l - 9 \cdot \ln \delta - 27,3 \cdot m_{SO_4^2} + 74, \quad (7)$$

где t – время (2-24) лет;

l – длина кабеля (3-735) м;

δ – глубина коррозии оболочки (1,4-1,85) мм;

$m_{SO_4^2}$ – концентрация сульфатов (0,012-0,12)%;

m_{Cl^-} – концентрация хлор-ионов (0,007-0,07)%.

Погрешность расчёта по выражению (7) составляет 10-15%.

Незначимыми оказались факторы: pH; влажность грунта, его температура; содержание ионов Fe^{-2} и NO_2^- .

Математическая модель (7) имеет коэффициент множественной корреляции 0,85 и остаточную дисперсию 0,4.

Средний срок службы кабеля ААШВ в агрессивных условиях Средней Азии, рассчитанный по зависимости (7), составляет 5-8 лет, в средней полосе РФ – 20 лет.

Предложена защита кабеля ААШВ, удовлетворяющая взаимоисключающим требованиям: по условию защиты от коррозии оболочка кабеля не должна подключаться к заземляющей системе, а по условиям защиты кабеля и подключаемого к нему оборудования оболочка должна быть защищена от токов к.з.

В предлагаемом способе защита кабеля от коррозии осуществляется с помощью протектора. Оболочку кабеля по концам подключают к заземляющему устройству через цепь из параллельно соединенных разрядника и колебательного контура из последовательно соединенных индуктивности и ёмкости.

Протектор создает на кабеле отрицательный защитный потенциал. При этом сопротивление колебательного контура для токов протекторной защиты стремится к бесконечности и металлические покровы кабеля остаются отключенными.

При появлении токов к.з. и молнии срабатывают разрядники UP_1 и UP_2 заряд через них стекает в землю.

В случае пробоя изоляции между токоведущей жилой и металлическим покровом, ток к.з. стекает через последовательный контур, настроенный на промышленную частоту 50 Гц., сопротивление которого стремится к нулю, и в заземлитель.

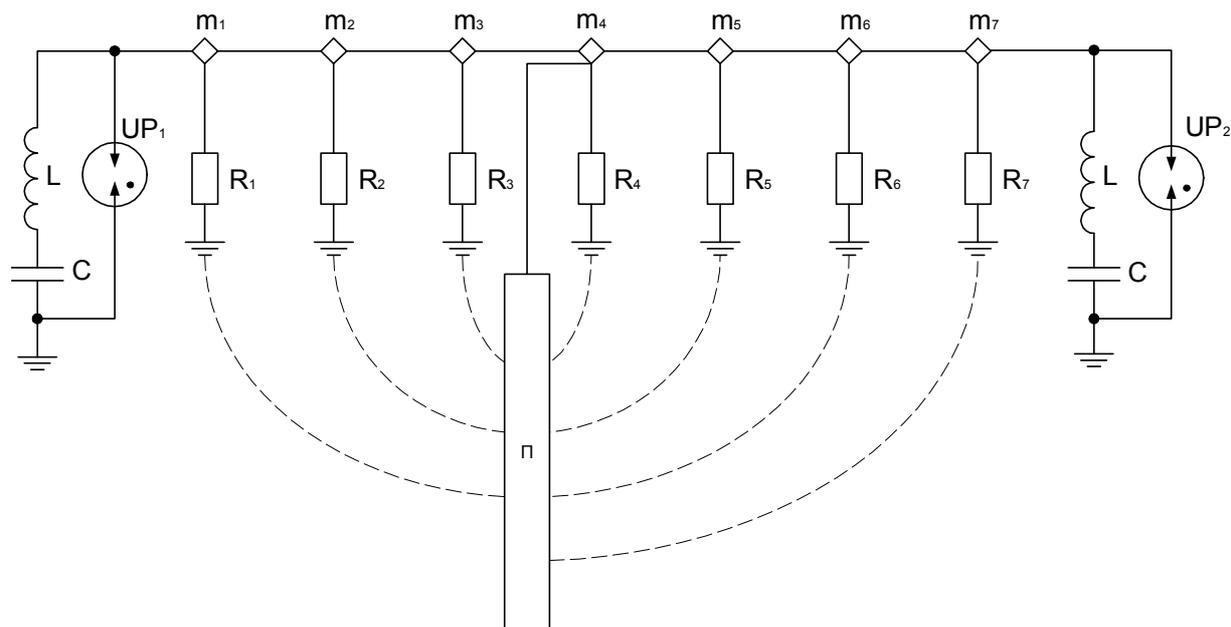


Рисунок 7 – Способ защиты кабелей электроснабжения от коррозии, токов короткого замыкания

Обозначения: m_1, m_2 -муфта; R_1, \dots, R_7 -повреждение; UP_1, UP_2 -разрядники; L -индуктивность; C -емкость; Π -протектор

Использование на практике разработанных мероприятий позволит повысить надёжность работы электросетевых конструкций при воздействии электрокоррозии и грунтовой коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сафрошкина, Л.Д.** Расчёт коррозионных токов для модели заземляющей системы / Л.Д. Сафрошкина, Ю.Р. Гунгер, В.Е. Дмитриев, Ю.В. Дёмин // Сб. «Известия ТПУ», г. Томск, 2004.- №3. т.307- С.109-113.
2. **Сафрошкина, Л.Д.** Расчёт катодной защиты эквипотенциальных заземляющих систем электроустановок /Л.Д. Сафрошкина, Ю.Р. Гунгер, В.Е. Дмитриев. Ю.В. Дёмин // Сб. «Известия ТПУ», г. Томск, 2004.- №4. т.307.- С.131-133.
3. **Сафрошкина, Л.Д.** Обоснование требований к разработке долговечных железобетонных электросетевых конструкций // Научные проблемы Сибири и Дальнего Востока.- Новосибирск, 2004. – №1.- С.110-115.
4. **Сафрошкина, Л.Д.** Электрокоррозия электросетевых конструкций //Научные проблемы Сибири и Дальнего Востока.- Новосибирск, 2004. –№1.- С.121-125.
5. **Сафрошкина, Л.Д.** Анализ состояния железобетонных фундаментов ВЛ-1150 кВ «Экибастуз-Барнаул» / Л.Д. Сафрошкина, Ю.Р. Гунгер, Ю.В. Дёмин // Электроэнергия и будущее цивилизации: Материалы докл. международной науч.-техн. конф. – Томск: Томский политехнический университет, 2004.– С.174-177.
6. **ГОСТ 9.602-89.** Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1990.
7. **СНиП 2.03.11-85.** Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 56с.

ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОМПЕНСАТОРА ЖЕСТКОСТИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Е.Г. Гурова

Проведен расчет потерь на вихревые токи в стальных проводниках.

В [1] описана конструкция электромагнитного компенсатора жёсткости, предназначенного для установки параллельно упругим элементам виброизолирующих подвесок с целью коррекции коэффициента жёсткости последних. Компенсатор представляет собой два жёстко связанных электромагнита постоянного тока с отдельными магнитопроводами, закреплённых на защищаемом основании. Общий якорь электромагнитов связан с вибрирующим объектом. В работе, посвященной электромагнитному компенсатору жесткости [2], не учитывались вихревые токи, которые, в принципе, оказывают влияние на характеристики виброизоляторов с компенсаторами жесткости подобного типа. Оценить влияние вихревых токов можно по потерям потери мощности в стальном проводнике. Расчет производится по методике, приведенной в [4], при следующих допущениях:

Магнитная индукция остается приблизительно постоянной от поверхности до определенной глубины и быстро спадает к нулю при превышении этой глубины.

Плотность вихревого тока уменьшается на том же участке линейно и становится равной нулю на глубине, где исчезает магнитная индукция.

Магнитная проницаемость предполагается постоянной.

Пренебрегаем сдвигом фаз между токами и магнитной индукцией при проникновении в глубину материала.

Потери на единицу площади поверхности определяются из формулы

$$P = \frac{4 \cdot H_0^2 \cdot S}{2 \cdot a \cdot \gamma}, \text{ Вт} \quad (1)$$

где H_0 – напряженность магнитного поля, А/см;

S – площадь поверхности, см²;

a – глубина проникновения, см;

γ – удельная электрическая проводимость, (Ом·см)⁻¹.

Зависимость напряженности магнитного поля от рабочего зазора рассчитывается по формуле:

$$H_0 = \frac{IW}{\delta \cdot \mu}, \text{ А/см} \quad (2)$$

где IW – приращение намагничивающей силы, А;

δ – рабочий зазор, см;

μ – магнитная проницаемость стали.

Как показано в [3], зависимость намагничивающей силы от рабочего зазора выражается в виде:

$$IW = \frac{B_0 \cdot \Delta\delta}{\mu_0}, \text{ А} \quad (3)$$

где B_0 – магнитная индукция, Тл;

μ_0 – магнитная постоянная, Гн/см;

$\Delta\delta$ – амплитуда, см.

Согласно [5] глубину проникновения находим по формуле:

**ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
КОМПЕНСАТОРА ЖЕСТКОСТИ**

$$a = 5000 \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot H_{0g}}{f \cdot B_0}}, \text{ см} \quad (4)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление железа, Ом·см;

H_{0g} – действующее значение напряженности магнитного поля, А/см;

f – частота, Гц.

Действующее значение напряженности магнитного поля определяется по формуле:

$$H_{0g} = \frac{H_0}{\sqrt{2}}. \quad (5)$$

Площадь рассчитывается в зависимости от формы сечения проводника.

По методике, изложенной выше, был выполнен расчет потерь на вихревые токи в стальном круглом сердечнике в диапазоне частот от 10 до 500 Гц.

На рисунке 1 представлена зависимость потерь мощности на вихревые токи. Из рисунка видно, что при увеличении частоты потери на вихревые токи также возрастают.

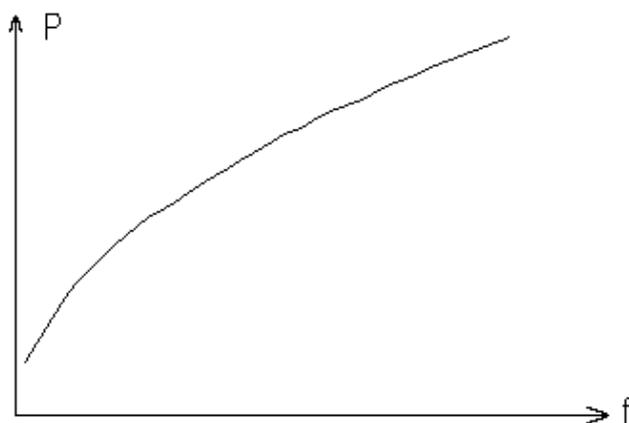


Рисунок 1 – Зависимость потерь на вихревые токи от частоты

Однако расчеты также показали, что потери на вихревые токи в диапазоне частот от 10 до 500 Гц малы, и не превышают 1% потребляемой электромагнитом мощности.

Следовательно, вихревые токи не оказывают существенного влияния на динамические свойства электромагнитных компенсаторов жесткости, поэтому при проектировании последних их можно не учитывать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **А.с.1216486** (СССР). Корректор жесткости [Текст]/ А. К. Зуев, В. Ю. Гросс (СССР). – 3775501/25-28; заявл. 16.07.8; опубл. 07.03.86, Бюл. №9. – 3 с.

2 **Лесных, А.С.** Виброизолирующие подвески судовых ДВС с электромагнитным компенсатором жесткости [Текст]: дис. канд. техн. наук/ Лесных Алексей Станиславович. – Новосибирск, 2005. – 131 с.

3 **Детлаф, А.А.** Курс физики [Текст] : учебное издание / А.А. Детлаф, Б.Я. Яворский; под ред. Ж.И. Яковлева. – М.: Высшая школа, 2000. – 717 с.

4 **Valchev, V.C.** Eddy current losses in round conductors / V.C. Valchev // 27th Spring Seminar on Electronics Technology / Technical University. – Japan. – 2004. - September, 27 – pp. 231-236.

5 **Saito, T.** Resistivity and core size dependencies of eddy current loss for Fe-Si compressed cores / Takanobu Saito, Satoshi Takemoto, Takahiko Iriyama // IEEE Transactions on magnetics, Vol. 41. – Japan.2005. – October, 10 – pp.3301 – 3303.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОРРЕКТОРА ЖЁСТКОСТИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова

Выведены математические выражения, описывающие закон изменения напряжения на катушках электромагнитного корректора жёсткости при изменяющихся силах взаимодействия между вибрирующим и защищаемым объектами.

В [1] показано, что уменьшение межполюсного расстояния электромагнитного корректора жёсткости, описанного, например, в [2, 3], приводит к уменьшению габаритов устройства и потребляемой им мощности. Однако при этом силовая характеристика корректора становится нелинейной. При изменении силы взаимодействия между вибрирующим и защищаемым объектами необходимо изменение напряжений на катушках электромагнитов корректора, что обеспечивает «плавание» участка нулевой жёсткости при изменяющейся нагрузке, действующей на виброизолятор. В [3] показано, что при больших межполюсных расстояниях силовую характеристику корректора можно считать линейной, при этом напряжение на катушках при изменяющейся нагрузке должно меняться по линейному закону. Для вывода закона изменения напряжения на катушках нелинейного корректора, воспользуемся выражением силовой характеристики, приведённой в [3]:

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 = \frac{k \cdot U^2}{x^2} - \frac{k \cdot U^2}{(b-x)^2}, \quad (1)$$

где $F_{\Sigma}(x)$ – суммарная сила тяги электромагнитов;

$F_1(x)$ – сила тяги первого электромагнита;

$F_2(x)$ – сила тяги второго электромагнита;

U – номинальное напряжение сети;

k – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей электромагнита;

b – расстояние между полюсами электромагнитов;

x – перемещение якоря электромагнита.

Жёсткость компенсатора

$$c_k = \frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial x} = -\frac{2a}{x^3} - \frac{2a}{(b-x)^3}. \quad (2)$$

При выводе закона будем считать, что характеристика корректора при изменяющемся напряжении на катушках будет сохранять наклон рабочего участка, то есть, жёсткость корректора при любом значении внешней нагрузки остаётся неизменной. На рисунке 1 приведены характеристики корректора жёсткости при двух значениях нагрузки. При этом принято, что рабочий участок находится в районе пересечения характеристикой оси перемещения X .

При изменении положения вибрирующего объекта относительно защищаемого на величину Δx уравнение силовой характеристики рассматриваемого компенсатора примет вид:

$$F + \Delta F = \frac{k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^2} - \frac{k \cdot (U - \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^2}, \quad (3)$$

где ΔF – приращение суммарной силы тяги электромагнитов;

ΔU_1 – изменение напряжения на первом электромагните;

ΔU_2 – изменение напряжения на втором электромагните;

Δx – изменение перемещения.

**К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОРРЕКТОРА ЖЕСТКОСТИ**

Как видно из рисунка 1, выражение приращения силы тяги электромагнитов, имеет вид:

$$\Delta F = c_K \cdot \Delta x. \quad (4)$$

При подстановке выражения (4) в (3) получим

$$F = \frac{k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^2} - \frac{k \cdot (U - \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^2} - c_K \cdot \Delta x. \quad (5)$$

Жесткость компенсатора в этом случае:

$$c_K = \frac{-2 \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^3} - \frac{2 \cdot k \cdot (U - \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^3}. \quad (6)$$

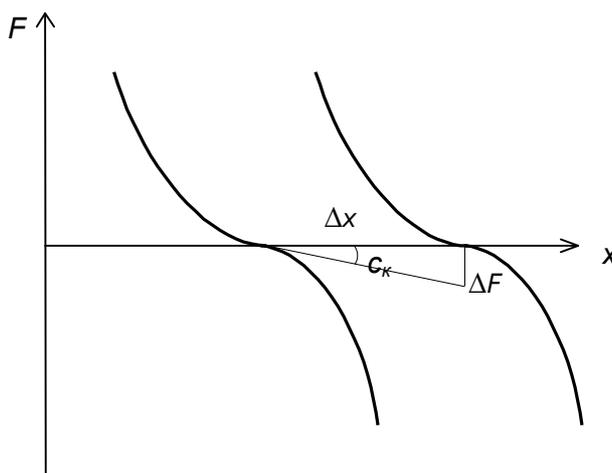


Рисунок 1 - Характеристики компенсатора жесткости

Как было отмечено, при изменении положения объектов на Δx рабочий участок силовой характеристики должен переместиться параллельно самому себе, то есть жесткость компенсатора должна оставаться постоянной.

Для того, чтобы определить как должно измениться напряжение на первом и втором электромагнитах при изменении перемещения Δx , приравняем (1), (5) и (2), (6) и составим систему:

$$\begin{cases} \frac{k \cdot U^2}{x^2} - \frac{k \cdot U^2}{(b-x)^2} = \frac{k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^2} - \frac{k \cdot (U + \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^2} - c_K \cdot \Delta x; \\ \frac{-2 \cdot k \cdot U^2}{x^3} - \frac{2 \cdot k \cdot U^2}{(b-x)^3} = \frac{-2 \cdot k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^3} - \frac{2 \cdot k \cdot (U - \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^3}. \end{cases} \quad (7)$$

Преобразуем первое уравнение системы (7):

$$\frac{k \cdot U^2 \cdot (b-x)^2 - k \cdot U^2 \cdot x^2}{x^2 \cdot (b-x)^2} = \frac{k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^2} - \frac{k \cdot (U + \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^2} - c_K \cdot \Delta x. \quad (8)$$

Перепишем уравнение (8) в виде

$$\frac{k \cdot U^2 \cdot (b-x)^2 - k \cdot U^2 \cdot x^2}{x^2 \cdot (b-x)^2} = \frac{k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{A^2} - \frac{k \cdot (U + \Delta U_2)^2}{B^2} - c_K \cdot D, \quad (9)$$

где $A = x + \Delta x$; $B = b - (x + \Delta x)$; $D = \Delta x$.

Выполнив некоторые преобразования, получим

$$(U - \Delta U_2)^2 = \frac{B^2 \cdot (U + \Delta U_1)^2}{A^2} - \frac{B^2 \cdot U^2}{x^2} + \frac{B^2 \cdot U^2}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot B^2 \cdot D}{k}. \quad (10)$$

Преобразуем второе уравнение системы (7):

$$\frac{-2 \cdot k \cdot U^2 \cdot (b-x)^3 - 2 \cdot k \cdot U^2 \cdot x^3}{x^3 \cdot (b-x)^3} = \frac{-2 \cdot k \cdot (U + \Delta U_1)^2}{(x + \Delta x)^3} - \frac{2 \cdot k \cdot (U - \Delta U_2)^2}{[b - (x + \Delta x)]^3}. \quad (11)$$

Перепишем уравнение (11):

$$\frac{-2 \cdot k \cdot U^2 \cdot (b-x)^3 - 2 \cdot k \cdot U^2 \cdot x^3}{x^3 \cdot (b-x)^3} = \frac{-2 \cdot k \cdot (U + \Delta U_1)^2 \cdot B^2 - 2 \cdot k \cdot (U - \Delta U_2)^2 \cdot A^3}{A^3 \cdot B^3}, \quad (12)$$

Опустив промежуточные преобразования, получим

$$(U + \Delta U_1)^2 = \frac{U^2 \cdot A^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot A^3}{(b-x)^3} - \frac{(U - \Delta U_2)^2 \cdot A^3}{B^3}. \quad (13)$$

В результате получим систему уравнений

$$\begin{cases} (U - \Delta U_2)^2 = \frac{B^2 \cdot (U + \Delta U_1)^2}{A^2} - \frac{B^2 \cdot U^2}{x^2} + \frac{B^2 \cdot U^2}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot B^2 \cdot D}{k}; \\ (U + \Delta U_1)^2 = \frac{U^2 \cdot A^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot A^3}{(b-x)^3} - \frac{(U - \Delta U_2)^2 \cdot A^3}{B^3}. \end{cases} \quad (14)$$

Решение второго уравнения системы (14) имеет вид

$$\Delta U_{1(1,2)} = -U \pm \sqrt{\frac{U^2 \cdot A^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot A^3}{(b-x)^3} - \frac{(U + \Delta U_2)^2 \cdot A^3}{B^3}}. \quad (15)$$

Знак минус в выражении (15) показывает, что один электромагнит создает тяговое усилие противоположного знака.

Решив первое уравнение системы (14), получим

$$\Delta U_{2(1,2)} = U \pm \sqrt{\frac{1}{b} \cdot \left(\frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{x^3} + \frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{(b-x)^3} - \frac{U^2 \cdot B^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot B^3}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot B^3 \cdot D}{k} \right)}. \quad (16)$$

Решение системы уравнений (7) имеет вид

$$\begin{cases} \Delta U_{1(1,2)} = -U \pm \sqrt{\frac{U^2 \cdot A^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot A^3}{(b-x)^3} - \left[\frac{A^3}{B^3} \cdot \frac{1}{b} \cdot \left(\frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{x^3} + \frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{(b-x)^3} - \frac{U^2 \cdot B^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot B^3}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot B^3 \cdot D}{k} \right) \right]}; \\ \Delta U_{2(1,2)} = U \pm \sqrt{\frac{1}{b} \cdot \left(\frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{x^3} + \frac{B^3 \cdot A \cdot U^2}{(b-x)^3} - \frac{U^2 \cdot B^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot B^3}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot B^3 \cdot D}{k} \right)}. \end{cases} \quad (17)$$

Перепишем систему уравнений (17) в виде

$$\begin{cases} \Delta U_{1(1,2)} = -U \pm \sqrt{\frac{U^2 \cdot (x + \Delta x)^3}{x^3} + \frac{U^2 \cdot (x + \Delta x)^3}{(b-x)^3} - \left[\frac{(x + \Delta x)^3}{b} \cdot \left(\frac{(x + \Delta x) \cdot U^2}{x^3} + \frac{(x + \Delta x) \cdot U^2}{(b-x)^3} - \frac{U^2}{x^3} + \frac{U^2}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot \Delta x}{k} \right) \right]}; \\ \Delta U_{2(1,2)} = U \pm \sqrt{\left[\frac{b - (x + \Delta x)}{b} \right]^3 \cdot \left(\frac{(x + \Delta x) \cdot U^2}{x^3} + \frac{(x + \Delta x) \cdot U^2}{(b-x)^3} - \frac{U^2}{x^3} + \frac{U^2}{(b-x)^2} - \frac{c_K \cdot \Delta x}{k} \right)}. \end{cases} \quad (18)$$

Графики зависимости изменения напряжения ΔU от изменения перемещения Δx приведены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, что при изменении положения вибрирующего объекта относительно защищаемого необходимо напряжение на одном электромагните увеличить, а на другом уменьшить. Закон изменения напряжений представлен уравнениями системы (18).

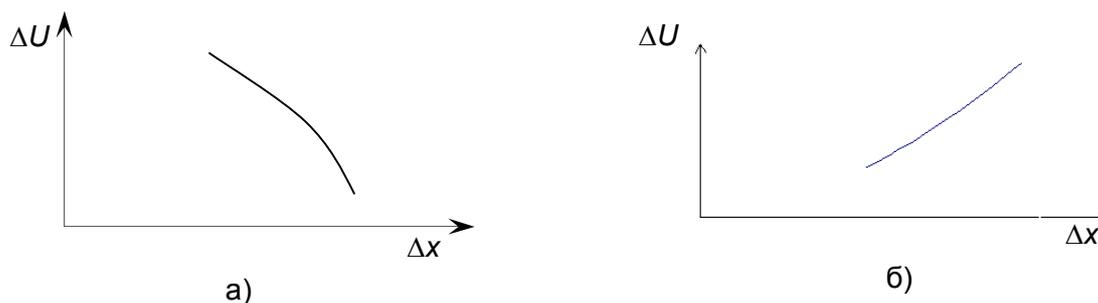


Рисунок 2 – Зависимость $\Delta U(\Delta x)$ а)-для первого электромагнита; б)-для второго электромагнита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Гурова, Е.Г.** К зависимости мощности электромагнитного компенсатора жесткости от межполюсного расстояния [Текст] / Е.Г. Гурова, Б.З. Кузнецов // Научные проблемы Сибири и Дальнего Востока: сб. науч. тр. / Новосибир. гос. акад. вод. трансп. – Новосибирск, 2006.- С. 258-260.

2 **Гросс, В.Ю.** Электромагнитный компенсатор жесткости [Текст] / В. Ю. Гросс, В. А. Чирков, А. Ю. Крылов // Виброизоляция судовых силовых установок : сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. – Новосибирск, 1985. - С. 31-34.

3 **Лесных, А.С.** Виброизолирующие подвески судовых ДВС с электромагнитным компенсатором жесткости [Текст]: дис. канд. техн. наук/ Лесных Алексей Станиславович. – Новосибирск, 2005. – 131 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ

В.И. Фомин, О.Г. Куделин

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Предложен способ вычисления определенного интеграла $I(m; n; p) = \int_m^n \frac{\exp(px)}{x} dx$ ($mn > 0, p \neq 0$) отличного от данного в [1].

Подынтегральная функция такова, что непосредственное разложение её в ряд Маклорена не приводит к цели.

Пусть требуется вычислить определенный интеграл:

$$I(m; n; p) = \int_m^n \frac{\exp(px)}{x} dx \quad (mn > 0, p \neq 0), \quad (1)$$

с некоторой наперед заданной степенью точности. Для этой цели предварительно приведем его к следующему виду:

$$I(m; n; p) = e^{\frac{m+n}{2}p} \cdot \int_m^n \frac{e^{p(x - \frac{m+n}{2})}}{x} dx.$$

Положим,

Фомин В.И.,
Куделин О.Г.

$$e^p \left(x - \frac{m+n}{2}\right) = t,$$

тогда имеем:

$$x = \frac{m+n}{2} + \frac{1}{p} \ln t,$$

следовательно

$$e^{\frac{p(x - \frac{m+n}{2})}{2}} dx = \frac{1}{p} dt, \quad m \rightarrow e^{\frac{m-n}{2}p}; \quad n \rightarrow e^{\frac{n-m}{2}p}.$$

В соответствии с проведенными преобразованиями, получим следующее выражение для искомого интеграла (1):

$$I(m; n; p) = \frac{e^{\frac{m+n}{2}p}}{p} \int_{e^{\frac{n-m}{2}p}}^{e^{\frac{m-n}{2}p}} \frac{dt}{\frac{m+n}{2} + \frac{1}{2} \ln t} = \frac{2e^{\frac{m+n}{2}p}}{(m+n)p} \int_{e^{\frac{n-m}{2}p}}^{e^{\frac{m-n}{2}p}} \frac{dt}{1 + \frac{\ln t}{(m+n)p}}. \quad (2)$$

Так как, ввиду (2):

$$\frac{m-n}{2}p \leq \ln t \leq \frac{n-m}{2}p, \text{ если } p > 0, m < n,$$

и

$$\frac{n-m}{2}p \leq \ln t \leq \frac{m-n}{2}p, \text{ если } p < 0, m < n,$$

тогда в любом из этих двух возможных случаев имеем:

$$|\ln t| \leq \frac{n-m}{2} |p| < 1,$$

и, следовательно,

$$\left| \frac{2}{(m+n)p} \ln t \right| \leq \frac{n-m}{|m+n|} < 1,$$

(так как по условию $mn > 0$), поэтому подынтегральную функцию в правой части равенства (2) можно разложить в биномиальный ряд, после чего задача сведется к вычислению значений числовой последовательности, определяемой формулой:

$$I_k = \int_{e^{\frac{n-m}{2}p}}^{e^{\frac{m-n}{2}p}} \ln^k t dt \quad (k \in N_0). \quad (3)$$

Выведем для членов последовательности (3) рекуррентное соотношение. С этой целью, применив правило интегрирования по частям, получим:

$$\begin{aligned} I_k &= t \cdot \ln^k t \Big|_{e^{\frac{n-m}{2}p}}^{e^{\frac{m-n}{2}p}} - k I_{k-1} = e^{\frac{n-m}{2}p} \cdot \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k - e^{\frac{m-n}{2}p} \cdot \left(e^{\frac{m-n}{2}p}\right)^k - k I_{k-1} = \\ &= \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k \left[e^{\frac{n-m}{2}p} - (-1)^k \cdot e^{\frac{m-n}{2}p} \right] - k I_{k-1} = \end{aligned}$$

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕГРАЛОВ**

$$I_k = \begin{cases} 2 \cdot \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k \operatorname{ch} \frac{n-m}{2}p - kl_{k-1} & \text{если } k = 2l - 1, \\ 2 \cdot \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k \operatorname{sh} \frac{n-m}{2}p - kl_{k-1} & \text{если } k = 2l \quad (l \in \mathbb{N}) \end{cases} \quad (4)$$

Осталось только вычислить значение определенного интеграла (3) при $k = 0$, т. е.

$$I_0 = \int_{\frac{n-m}{2}p}^{\frac{m-n}{2}p} dt = e^{\frac{n-m}{2}p} - e^{\frac{m-n}{2}p} = 2\operatorname{sh}\left(\frac{n-m}{2}p\right). \quad (5)$$

Согласно формулам (4),(5), окончательно заключаем, что последовательность I_k определяется следующим рекуррентным соотношением:

$$\begin{aligned} I_0 &= 2\operatorname{sh}\left(\frac{n-m}{2}p\right), \\ I_k &= 2 \cdot \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k \operatorname{ch}\left(\frac{n-m}{2}p\right) - kl_{k-1} \quad (k = 2l - 1); \\ I_k &= 2 \cdot \left(\frac{n-m}{2}p\right)^k \operatorname{sh}\left(\frac{n-m}{2}p\right) - kl_{k-1} \quad (k = 2l). \end{aligned} \quad (6)$$

Оценим величину погрешности при замене суммы ряда, полученного после разложения подынтегральной функции в выражении (2) и последующего почленного интегрирования этого разложения, его k -ой частичной суммой, т.е.

$$\begin{aligned} |R_k| &< \frac{\frac{(m+n)p}{2}}{|(m+n)p|} \cdot \left(\frac{2}{|(m+n)p|}\right)^k \cdot \left| \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \int_{\frac{n-m}{2}p}^{\frac{n-m}{2}p} \ln^{k+i}(t) dt \right| = \\ &= \left(\frac{2}{|(m+n)p|}\right)^{k+1} \cdot e^{\frac{m+n}{2}p} \cdot \left| \int_{\frac{m-n}{2}p}^{\frac{n-m}{2}p} \frac{\ln^k(t)}{1+\ln(t)} dt \right| < \frac{\left(\frac{2}{|(m+n)p|}\right)^{k+1} e^{\frac{m+n}{2}p}}{\left|1 - \frac{n-m}{2}|p|\right|} |I_k|, \quad \left(n \neq m + \frac{2}{|p|}\right). \end{aligned} \quad (7)$$

Исходя из полученных результатов, в качестве примера вычислим определенный интеграл:

$$I = \int_1^2 \frac{e^x}{x} dx. \quad (8)$$

Здесь, очевидно, $m = 1, n = 1, p = 1$, тогда рекуррентное соотношение (6) и неравенство (7) переписутся соответственно в следующем виде:

$$I_0 = 2\operatorname{sh} \frac{1}{2}; \quad I_k = \frac{1}{2^{k-1}} \operatorname{ch} \frac{1}{2} - kl_{k-1} \quad (k = 2l - 1); \quad I_k = \frac{1}{2^{k-1}} \operatorname{sh} \frac{1}{2} - kl_{k-1} \quad (k = 2l), \quad (9)$$

$$|R_k| < 2 \left(\frac{2}{3}\right)^{k+1} \cdot e^{\frac{3}{2}} |I_k|. \quad (10)$$

Исходя из рекуррентного соотношения (9), вычислим первые 11 членов последовательности I_k с точностью 10^{-9} :

$$\begin{aligned} I_0 &= 2sh \frac{1}{2} = 1,042190611; & I_1 &= ch \frac{1}{2} - 2sh \frac{1}{2} = 0,085435354; \\ I_2 &= 4,5sh \frac{1}{2} - 2ch \frac{1}{2} = 0,089676944; & I_3 &= 6,25ch \frac{1}{2} - 13,5sh \frac{1}{2} = 0,012875658; \\ I_4 &= 54 \frac{1}{8} sh \frac{1}{2} - 25ch \frac{1}{2} = 0,013634279; & I_5 &= 125 \frac{1}{16} ch \frac{1}{2} - 270 \frac{5}{8} sh \frac{1}{2} = 0,002305225; \\ I_6 &= 1623,78125sh \frac{1}{2} - 750,375ch \frac{1}{2} = 0,002452875; & I_7 &= \frac{1}{64} ch \frac{1}{2} - 7 I_6 = 0,00044903; \\ I_8 &= \frac{1}{128} sh \frac{1}{2} - 8 I_7 = 0,000478802; & I_9 &= 378190 \frac{33}{256} \cdot ch \frac{1}{2} - 818385 \frac{105}{128} sh \frac{1}{2} = 0,000087788; \\ I_{10} &= 8183858 \frac{105}{512} sh \frac{1}{2} - 3781901 \frac{37}{128} ch \frac{1}{2} = 0,000061421. \end{aligned} \quad (11)$$

При этом ввиду оценки (10) получим:

$$|R_{10}| < 2 \left(\frac{2}{3} \right)^{11} \cdot e^{\frac{3}{2}} \cdot I_{10} \approx 0,000006364 < 10^{-5}. \quad (12)$$

Таким образом, для вычисления определенного интеграла:

$$I = \int_1^2 \frac{e^x}{x} dx,$$

с точностью 10^{-5} достаточно ограничиваться десяти первыми членами ряда:

$$\frac{2}{3} e^{\frac{3}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{2}{3} \right)^n I_n. \quad (13)$$

После подстановки значений (11) в (13) получим с указанной точностью значение искомого определенного интеграла (8):

$$I = \int_1^2 \frac{e^x}{x} dx = 3,05911. \quad (14)$$

Значение вычисляемого интеграла (8) было проверено численным методом по формуле Симпсона [1]. Для достижения точности 10^{-5} был выбран шаг, равный 1/12.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Фихтентольц, Т.Н.** Курс дифференциального и интегрального исчисления, том 2 /-М.: Изд-е физ.-мат. лит, 1962. -807 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ НА ТАКТЕ ВЫПУСКА

О.Г. Куделин, А.А. Плесовских, В.И. Фомин

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Предложено математическое описание процесса движения твердых частиц на такте выпуска.

На такте выпуска из рабочего цилиндра ДВС (двигатель внутреннего сгорания) отработанные газы, насыщенные коксом после прохождения выхлопного тракта, выбрасываются в

атмосферу, что естественно, загрязняет последнюю. В этой связи перед разработчиками экологически чистых ДВС уже давно ставится глобальная задача, связанная с очисткой выхлопных газов от сажи и кокса.

Поставленная задача может решаться различными способами, например: она может решаться с помощью использования только современных химических технологий (присадки в топливо, в масло, улучшенная фильтрация топлива, масла, выхлопных газов непосредственно перед выбросом их в атмосферу) или с помощью внесения конструктивных изменений выхлопного тракта, которые позволят из отработанных газов интегрировать сажу и кокс сначала на стенки выхлопной трубы, а затем в собирающую емкость с последующей очисткой последней.

Если избрать последний путь, а химические технологии использовать как вспомогательные средства только для того, чтобы усилить выбранный подход, то для этого потребуются исследовать процесс продвижения кокса в выхлопной трубе и, естественно, оценить, какой должна быть ее длина, чтобы он в течение каждого «выхлопа» полностью оседал на ее стенках. Если при этом окажется, что по расчетным данным длина трубы превысит допустимое значение, то возникнет необходимость разработать условия, при которых путь продвижения кокса будет им соответствовать. Однако это задача будущего.

В данной статье предполагается создать надежную математическую модель для расчета пути кокса в выхлопной трубе с целью ответа на один вопрос на сколько ее характерная длина соответствует его пути в выхлопной трубе до полной остановки.

Опираясь на надежные экспериментальные данные по распределению давления по длине трубы, разработана математическая модель стационарного движения кокса в течение одного такта «выхлопа».

Предположим, что поток кокса с заданной начальной скоростью входит в выхлопную трубу. Благодаря разрежению, создающемуся предыдущей порцией «выхлопа» в горловине трубы, его скорость сначала увеличивается, а затем из-за вязкого трения, падает. Требуется оценить максимальный путь, который пройдет кокс до полной остановки в выхлопной трубе.

Пусть кокс с вязкостью ν , начальной скоростью V_0 , и плотностью ρ попадает в выхлопную трубу. Тогда дифференциальное уравнение, описывающее стационарное движение этого потока на одном такте «выхлопа» будет иметь вид [1]:

$$\nu d^2 \frac{w(x)}{dx^2} - \frac{1}{\rho} \frac{dP(x)}{dx} = 0, \quad (1)$$

где $w(x), P(x)$ – соответственно функции скорости и давления кокса в зависимости от координаты x .

Уравнение (1) можно переписать в следующем удобном виде:

$$d \left[\left(d(w(x)) / dx \right) - kP(x) \right] = 0, \quad k = 1/(\nu\rho),$$

из которого вытекает, что

$$d(w(x)) / dx - kP(x) = \text{Const}. \quad (2)$$

Из граничных условий задачи следует, что при $x \rightarrow L$,

$$w(L) = 0, \quad kP(L) = \text{Const}, \quad (3)$$

где L – характерная длина трубы.

В связи с условием (3) уравнение (2) принимает следующую форму:

$$d(w(x)/dx) - k(P(x) - P_0) = 0,$$

где $P_0 = P(L)$ – атмосферное давление.

Введем обозначение

$$k(P(x) - P_0) = \rho H(p, r, w(x)),$$

где $p = p(\nu, \rho)$, $r = r(\nu, \rho)$ – экспериментальные параметры.

Теперь, опираясь на надежные экспериментальные данные [2], введенная функция определится в следующем виде:

$$H(p, r, w(x)) = p(\ln(rx) + 1)w(x). \quad (4)$$

Согласно условиям (3) и (4), уравнение (2) с заданным граничным условием для скорости будет иметь вид:

$$d(w(x)/dx) + H(p, r, w(x))w(x) = 0, w(0) = V_0.$$

Решением этого уравнения является следующее выражение

$$w(x) = V_0 (rx)^{-p/x}. \quad (5)$$

На рисунке 1 показаны графики изменения скорости потока кокса $w(x)$ в зависимости от переменной x при различных значениях введенных параметров:

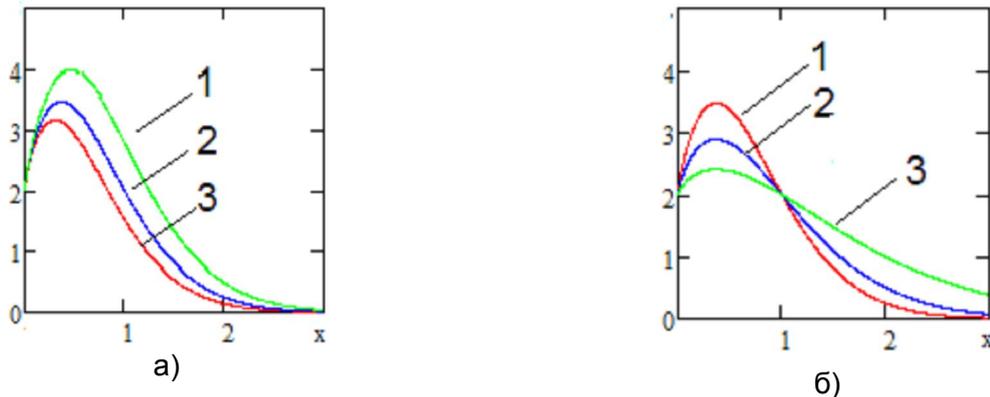


Рисунок 1 – Изменение скорости $w(x)$ при следующих значениях: 1- $r = 1,2$, 2- $r = 1,0$, 3- $r = 0,8$; а) $V_0 = 2, p = 1.5$; б) $V_0 = 2, r = 1.0$

Качественный характер изменения скорости исследуемого потока вполне согласуется с «физикой» исследуемого процесса. И действительно, сначала скорость по длине трубы потока увеличивается (см. рисунок 1а) из-за возникающего разряжения, которое создается предыдущей порцией «выхлопа» в начальной части трубы, затем дальше по ее длине она падает из-за возрастающих сил вязкого трения.

Для получения точного количественного совпадения результатов расчета по предложенной модели с экспериментальными данными остается лишь сделать согласование последних с двумя введенными параметрами $p = p(v, \rho)$, $s = s(v, \rho)$.

В этой связи можно считать выбор предлагаемой модели вполне удовлетворительным, поэтому ее можно использовать для проведения анализа исследуемой задачи.

Чтобы определить путь продвижения кокса в выхлопной трубе, необходимо вычислить следующий интеграл:

$$S(q) = \int_0^q (rx)^{-p/x} dx, \quad (6)$$

где S – путь продвижения потока кокса за время «выхлопа» q .

Выводы:

1 Предложен метод очистки отработанных газов от сажи и кокса путем интегрирования последних на стенки выхлопной трубы с последующим сбором в собирающую емкость.

2 Разработана математическая модель движения кокса во время одного такта «выхлопа» и предложен способ определения его пути до полной остановки.

3 Полученные результаты позволят разработать комплекс мероприятий для очистки кокса со стенок выхлопной трубы.

1 Кочин, Н.Е. Теоретическая гидродинамика [Текст]: Ч. 2 / Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе // -М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1963. -727 с.

2 Гольдштик, М.А. Вихревые потоки [Текст]: -М. Наука, 1981. -366 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ С ПОМОЩЬЮ БЕСКОНЕЧНЫХ СУММ

О.Г. Куделин, Е.В. Смирнова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Найдено аналитическое решение физической задачи описанной в работе [1].

Для аналитического решения определенного интеграла

$$I = V_0 \cdot \int_0^{q_1} (rt)^{-p_1 t} dt,$$

с параметрами r, p_1, q_1, V_0 . воспользуемся заменой переменной:

$$x = r \cdot t,$$

и тогда получим

$$I = \frac{V_0}{r} \cdot I_1; I_1 = \int_0^q x^{-px} dx, \quad (1)$$

где

$$q = r \cdot q_1; p = \frac{1}{r} p_1.$$

Вычислим I_1 аналитически, следовательно, и искомый интеграл I также будет вычислен аналитически.

Покажем процедуру вычисления интеграла I_1 в аналитической форме.

Разлагая подынтегральную функцию x^{-px} в ряд Маклорена [2], получим:

$$x^{-px} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k p^k}{k!} \cdot x^k \ln^k x, \quad x \geq 0. \quad (2)$$

Ряд (2) сходится абсолютно:

$$\forall x \in [0, +\infty), \forall p \in R.$$

И действительно. Перейдем из ряда (2) в ряд, составленный из неотрицательных его членов:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{|p|^k}{k!} \cdot x^k \ln^k x.$$

Для установления области сходимости этого ряда используем радикальный признак Коши [2], тогда имеем:

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \left(\sqrt[k]{\frac{|p|^k}{k!} x^k \ln^k x} \right) = \lim_{k \rightarrow +\infty} \left(\frac{|p| x \ln x}{\sqrt[k]{k!}} \right) = |p| x \ln x \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{1}{\sqrt[k]{k!}} = 0 < 1,$$

в силу того, что

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{1}{\sqrt[k]{k!}} = 0.$$

Из этого следует, что ряд (2) сходится абсолютно

$$\forall p \in \mathbb{R}, \forall x \in [0, +\infty), \{(x \ln(x)) \in [0, +\infty), \lim_{x \rightarrow 0} x \ln(x) = 0\}.$$

Интеграл (1), согласно (2), примет вид:

$$\int_0^q x^{-px} dx = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k p^k}{k!} \cdot \int_0^q x^k \ln^k x dx, \quad q > 0.$$

Обозначив формулой (3) интеграл:

$$I_{k,m} = \int_0^q x^k \ln^m x dx, \quad k \geq 0, m \geq 0, k, m \in \mathbb{N}_0, \quad (3)$$

возьмём его по частям

$$\begin{aligned} \int_0^q x^k \cdot \ln^m x dx &= \begin{cases} x^k dx = dv, v = \frac{x^{k+1}}{k+1} & = \\ \ln^m x = u, du = m \ln^{m-1} x \cdot \frac{dx}{x} & \end{cases} \\ &= \frac{x^{k+1}}{k+1} \cdot \ln^m x \Big|_0^q - \int_0^q \frac{x^{k+1}}{k+1} \cdot m \cdot \ln^{m-1} x \cdot \frac{x}{dx} = \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln^m q - \frac{m}{k+1} \cdot I_{k,m-1} \end{aligned} \quad (4)$$

следовательно, согласно (4), по формуле (3) имеем:

$$\begin{aligned} I_{k,0} &= \int_0^q x^k \ln^0 x dx = \frac{x^{k+1}}{k+1} \Big|_0^q = \frac{q^{k+1}}{k+1}, \\ I_{k,1} &= \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln q - \frac{1}{k+1} \cdot I_{k,0} = \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln q - \frac{1}{k+1} \cdot \frac{q^{k+1}}{k+1} = -\frac{q^{k+1}}{(k+1)^2} \cdot (1 - (k+1) \ln q), \\ I_{k,2} &= \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln^2 q - \frac{2}{k+1} \cdot I_{k,1} = \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln^2 q - \frac{2}{k+1} \cdot \left(-\frac{q^{k+1}}{(k+1)^2} \cdot (1 - (k+1) \ln q) \right) = \\ &= \frac{q^{k+1}}{k+1} \cdot \ln^2 q + \frac{2 \cdot q^{k+1}}{(k+1)^3} - 2 \frac{q^{k+1}}{(k+1)^2} \cdot \ln q = \frac{2! \cdot q^{k+1}}{(k+1)^3} \left(\frac{\ln^2 q \cdot (k+1)^2}{2!} - \ln q \cdot (k+1) + 1 \right) \quad (5) \\ I_{k,3} &= \frac{-3! q^{k+1}}{(k+1)^4} \cdot \left(-\frac{\ln^3 q (k+1)^3}{3!} + \frac{\ln^2 q (k+1)^2}{2!} - \ln q \cdot (k+1) + 1 \right). \end{aligned}$$

Обобщая формулы (5), получим рекуррентное соотношение:

$$I_{k,m} = \frac{(-1)^m \cdot m! \cdot q^{k+1}}{(k+1)^{m+1}} \cdot \sum_{s=1}^m \frac{(-1)^s \cdot \ln^s q \cdot (k+1)^s}{s!},$$

которое при $m = k$ преобразуется к виду:

$$I_{k,k} = \frac{(-1)^k \cdot k! \cdot q^{k+1}}{(k+1)^{k+1}} \cdot \sum_{s=1}^k \frac{(-1)^s \cdot \ln^s q \cdot (k+1)^s}{s!}. \quad (6)$$

Теперь, подставляя выражение (6) в (2), запишем значение интеграла I_1 , содержащего двойную бесконечную сумму в форме:

$$\int_0^q x^{-px} dx = q \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{pq}{k+1} \right)^{k+1} \sum_{s=0}^k \frac{(-1)^s \cdot \ln^s(q) \cdot (k+1)^{s-1}}{s!}. \quad (7)$$

Для частного случая $q = 1$ формула (7) упрощается до одной бесконечной суммы:

$$\int_0^1 x^{-px} dx = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \cdot p^k}{k!} \cdot \frac{(-1)^k \cdot k!}{(k+1)^{k+1}} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{p^k}{(k+1)^{k+1}}. \quad (8)$$

Искомый интеграл I , в соответствии с полученными формулами (7) и (8), с заданными параметрами $r = 1$ и $V_0 = 1,5$, проверялись численным методом по формуле Симпсона [2] с точностью 10^{-8} . Результаты представлены в таблице. Бесконечные суммы в формулах (7) и

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ
С ПОМОЩЬЮ БЕСКОНЕЧНЫХ СУММ**

(8) просчитывались при конечных значениях N , которые указаны в таблице.

Таблица – Результаты вычислений

Данные			Значение интеграла	
N	q	p	аналитическое	численное, $E = 10^{-8}$
5	0,8	1,5	2,48536434	2,48539415
10	0,8	1,5	2,48539415	2,48539415
15	0,8	1,5	2,48539415	2,48539415
5	1,0	1,5	2,94659937	2,94662921
10	1,0	1,5	2,94662921	2,94662921
15	1,0	1,5	2,94662921	2,94662921
5	1,5	1,5	3,61909092	3,61921211
10	1,5	1,5	3,61921211	3,61921211
15	1,5	1,5	3,61921211	3,61921211
5	2,5	1,5	3,3689882	3,92977327
10	2,5	1,5	3,93294201	3,92977327
15	2,5	1,5	3,92977111	3,92977327
20	2,5	1,5	$3,92977327^{-20}$	3,92977327
25	2,5	1,5	$3,92977327^{-25}$	3,92977327
5	3,5	1,5	-30,78140996	3,95012574
10	3,5	1,5	9,39462522	3,95012574
15	3,5	1,5	3,85078390	3,95012574
20	3,5	1,5	$3,95053584^{-20}$	3,95012574
25	3,5	1,5	$3,95012520^{-25}$	3,95012574
28	3,5	1,5	$3,95012574^{-28}$	3,95012574
30	3,5	1,5	$3,95012574^{-30}$	3,95012574

Полученные результаты позволят, с одной стороны, завершить решение задачи, описанной в [1], в аналитическом виде, а с другой, – расширить границы общего класса определенных интегралов, вычисляемых в аналитическом виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куделин, О.Г. Математическая модель движения твердых частиц на такте выпуска [Текст]: / О.Г. Куделин, А.А. Плесовских, В.И. Фомин // Статья в данном научном журнале.
- 2 Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления [Текст:] т. 2, -М.: Изд. физ-мат, лит-ры, 1962. -807 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ СКОРОСТНЫХ
ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ НА ЭКИПАЖИ**

Л.В. Пахомова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Результаты исследования

Проблема интенсификации работы водного транспорта страны выдвигает на первый план вопросы повышения производительности труда судоводителей скоростного пассажирского флота. Практический опыт показывает, что в комплексе мероприятий по повышению

производительности труда необходимо включать улучшение условий труда и, в первую очередь, рабочего места судоводителя скоростного пассажирского флота.

На основе анализа многочисленных факторов был составлен перечень условий, от которых в наибольшей мере зависит скорость и глубина развития утомления судоводителей:

- длительность плавания, время суток, продолжительность непрерывного движения;
- особенности графика работы, начало и конец ночной смены, продолжительность непрерывного движения;
- продолжительность отдыха между плаванием, продолжительность сна;
- возраст и состояние судоводителя;
- уровень обучения и тренировки судоводителей, особенно в экстремальных ситуациях;
- степень престижности профессии, достигаемая рядом социальных мероприятий;
- эргономические и санитарно-гигиенические условия организации рабочего места судоводителя скоростного пассажирского флота.

Одним из элементов в организации рабочего места является кресло судоводителя.

Учитывая перечисленные условия, влияющие на эффективность труда и скорость развития утомления, для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

- провести оценку степени остаточной вибрации на рабочем месте судоводителя, оборудованном креслом, созданным Новосибирской Государственной академией водного транспорта;
- определить функциональное состояние и степень развития утомления у судоводителей при обслуживании теплоходов, оборудованными этими креслами.

Изучение влияния труда на функциональное состояние организма судоводителей скоростных пассажирских теплоходов всегда является сложной задачей. Проведение психофизиологических исследований, направленных на выявление локального фактора, как в настоящих исследованиях, влияния эргономики кресла, на уровень работоспособности и развитие утомления представляет задачу еще большей сложности и, в соответствии с этим требует особого подхода, как выбору объектов, так и методов исследований.

В качестве основных методов проведения психофизиологического исследования, необходимо было отобрать те, которые позволяли с высокой точностью достоверности оценить функциональный уровень основных систем организма, обеспечивающий необходимый уровень работоспособности.

Для получения информации о сроках развития утомления, а также для оценки динамики изменения функционального состояния необходимо иметь как минимум, три реперные точки. Сложность представляли обследования (одно или два), которые должны были проводиться в пути следования, так как измерения некоторых параметров, как, например, уровня артериального давления, невозможно было проводить из-за высокого уровня шума в каюте. Поэтому психофизиологические исследования в пути следования проводились по сокращенному варианту: по возможности проводился замер уровня артериального давления, частоты пульса, измерение вариационной кардиоинтервалографии и тестирование по методике САН.

Основываясь на опыте ранее проведенных работ по изучению влияния труда судоводителя на их функциональное состояние, для проведения психофизиологического обследования были отобраны наиболее информативные методы: замеры уровней шума, замеры уровней вибрации,

В процессе труда на функциональное состояние судоводителей воздействуют самые различные отрицательные факторы труда. К таковым относится вибрация, которая воздействует и как отдельно выделенный отрицательный фактор условий труда, так и действующий в сочетании с другими и, более того, усиливающий их влияние. Поэтому изучали функциональное состояние зрительного анализатора, так как 95% информационного потока судоводитель воспринимает посредством указанного анализатора. Как известно, вибрация, являясь самостоятельным стрессовым фактором для организма, усиливает действие высокого нервно-эмоционального напряжения, отрицательно влияющего на функциональное состояние сердечно-сосудистую систему, а также на вестибулярный аппарат. Исследования

данных функциональных систем были продиктованы и тем, что вибрация оказывает непосредственно отрицательное действие на сердечнососудистую систему, вызывая спазмирование капиллярных кровеносных сосудов, тем самым, нарушая гомеостаз, и вызывая ряд патологических состояний. Отсутствие демпфирования кресла вызывает нарушения работы вестибулярного аппарата, что приводит к нарушению двигательной функции и потере устойчивого равновесия.

Таким образом, для оценки функционального состояния организма судоводителя определялись частота сердечных сокращений, уровень артериального давления, величина аккомодационной способности глаза; степень сохранения устойчивого равновесия; оценку судоводителя своего самочувствия, активности и настроения (САН), а также уровень реактивной (ситуационной) и личностной тревожности по методике Спилбергера.

Кроме того, понимая сложность диагностирования влияния только фактора вибрации, появилась настоятельная необходимость проведения более углубленной оценки адаптации организма судоводителя к предъявляемой нагрузке. Поэтому физиологические исследования были дополнены весьма сложной и в плане проведения самого исследования, и в плане обработки и анализа получаемых данных методикой вариационной кардиографии по Р.М. Баевскому.

Степень утомления зрительного анализатора оценивалась по аккомодационной способности хрусталика глаза, путем определения ближней точки ясного видения, дальней точки ясного видения и разницы между этими показателями. Для измерения этих показателей, начиная с расстояния 0,5-1,0 м, приближали с помощью специального станка стандартную табличку со стандартным, не несущим в себе какой-либо информации, текстом. При этом предлагалось обращать внимание на буквы, имеющие округлые очертания, например, а, о, в, я. Когда судоводителю надо было напрягать зрение, чтобы различить начинающие расплываться очертания букв, фиксировалась ближняя точка ясного видения. Изменение показателя ближней точки ясного видения свидетельствовало о нарастании степени утомления периферического звена зрительного анализатора. Величина этого показателя определялась не менее трех раз в одном замере.

Функциональное состояние вестибулярного аппарата оценивалось дважды – до и после поездки. Оно, в основном, зависит от степени развития взаимосвязей вестибулярных ядер с другими отделами ВНС, включая:

- а) вестибулоспинальный тракт;
- б) мотонейроны шейного отдела спинного мозга;
- в) ядра глазодвигательного нерва (во время обследования данный канал регуляции устойчивой позы отключался);
- г) нервные тракты, направляющиеся в вестибулярные ядра противоположной стороны мозга;
- д) мозжечек;
- е) ретикулярную формацию;
- ж) тракты, проходящие через таламус в постцентральную извилину коры головного мозга;
- з) связь с гипоталамусом.

Такое множество нервных формаций, принимающих участие в регуляции устойчивой позы и сложность их структуры, весьма уязвимы в плане проявления признаков утомления.

Оценка состояния исследуемой функции проводилась при временном отключении части перечисленных взаимосвязей путем определения длительности стояния на одной ноге.

Судоводителя просили закрыть глаза и, если он был правой, встать на левую ногу, а правую поджать, не прикасаясь ею к левой ноге. Фиксировалась длительность времени стояния до момента потери равновесия.

Условия проведения этого эксперимента (стояние на одной ноге с закрытыми глазами) приводили к исключению из процесса регуляции вертикальной позы ряда нервных формирований ЦНС. Если, к тому же, имеется даже незначительное ослабление функционирования оставшихся нервных формаций, то удержание устойчивой позы затрудняется. Учитывая вышеизложенное, а именно физиологическую сторону эксперимента, снижение функцио-

нальной способности к удержанию равновесия (при отсутствии болезней) в первую очередь связано с нарастанием процессов утомления, и проявляется несравнимо резче.

Как указывалось выше, до поездки и каждые 1,5-2 ч у судоводителя производилась запись кардиоинтервалов для последующего расчета пяти основных показателей вариационной кардиоинтервалографии. Для этого судоводителю перед поездкой на грудь, в области сердца, накладывались и укреплялись три посеребренных электрода (по методу Нэба). Электроды оставались прикрепленными на протяжении всей поездки, что позволяло, не отвлекая судоводителя от ведения теплохода, в нужный момент регистрировать кардиоинтервалы. Регистрация кардиоинтервалов осуществлялась с помощью специально разработанного прибора, который регистрировал электрокардиограмму, усиливал сигналы и через специальное устройство регистрировал их на переносном компьютере (типа ноутбук). После статистической обработки кардиоциклов (каждый раз записывалось от 100 до 300 циклов) производился расчет пяти показателей, характеризующих уровень регуляции работы сердца: степени дисперсии частоты сердцебиения (R-R), средней частоты пульса (ЧП), модального значения частоты сердечных сокращений (M_0), амплитуды модального значения (AM_0), индекса напряжения регуляции работы сердца (ИН) и индекса централизации управления сердечным ритмом (ИЦ).

Согласно представлениям Р.М. Баевского, величина показателя RR характеризует активность парасимпатического канала регуляции сердечного ритма. Границы нормы этого показателя лежат в пределах от 0,17 до 0,40 с. Активность гуморального канала регуляции характеризуется величиной M_0 , в норме колеблющейся от 0,69 до 0,91 с. Амплитуда моды (наибольшее число кардиоинтервалов, соответствующее их модальному значению) также отражает активность симпатического канала регуляции; ее значение в норме колеблется от 37 до 79%. При напряжении механизмов адаптации и включении в процесс управления более высоких уровней значение AM_0 возрастает при одновременном уменьшении величин M_0 и RR.

Для выявления степени централизации управления сердечным ритмом вычисляются также индексы напряжения и централизации.

Границы нормы первого индекса лежат в пределах 53-304 относительных единиц, а второго – 37-350 единиц. Расчет этих индексов проводится по формулам:

$$ИН = \frac{AM_0}{2} \cdot M_0 \cdot RR ;$$

$$ИЦ = \frac{AM_0}{RR} ,$$

где AM_0 – амплитуда моды, %;

M_0 – значение моды, с;

RR – степень дисперсии величины кардиоинтервалов, с.

Проведенные исследования судоводителя работающего на разработанном кресле показали, что первый индекс лежит в границах 100-103, а второй индекс 110-112. Это говорит о хороших виброзащитных характеристиках нового кресла судоводителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вибрации в технике: Справочник. В 6 –ти т./ под. Ред. В.Н. Челомея. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1-6.
2. Зильберминц Л.В. Влияние вибраций на организм человека.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**В.А. Алемасов, Д.И. Баранов, М.Д. Бимуханов,
В.М. Зырянов, А.Б. Мосиенко**

Рассматривается вопрос эффективности применения накопителей энергии в автономных энергосистемах с резкопеременной нагрузкой. Представлены результаты эксперимента и расчёты на основе экспериментальных данных.

Задача энергосбережения в условиях ограниченности природных ресурсов является сегодня актуальной научно-технической задачей. В частности, с каждым годом все острее становится проблема рационального использования топлива. На этом фоне вопросы оптимизации состава, мощности и режимов работы автономных энергосистем, весьма актуальны. Наиболее выгодным вариантом энергосистемы следует считать тот, который обеспечивает наименьшие годовые затраты и создает предпосылки для работы генераторных агрегатов в оптимальных режимах. При этом потребители должны бесперебойно получать электроэнергию необходимого качества, а загрузка первичных двигателей соответствовать наименьшему удельному расходу топлива.

Однако технологические особенности функционирования некоторых автономных энергосистем не позволяют (без применения дополнительных средств) обеспечить оптимальную нагрузку первичных двигателей. К таким автономным энергосистемам, прежде всего, следует отнести энергосистемы судов технического флота (плавучие краны и штанговые земснаряды) и горнодобывающих машин (одноковшовые карьерные экскаваторы) с резкопеременным характером нагрузки.

При такой нагрузке существенно снижаются технико-экономические характеристики энергосистемы, за счёт нестационарности режима работы возрастают удельный расход топлива и эксплуатационные затраты, ухудшается качество электроэнергии и увеличиваются связанные с этим издержки.

Применение накопителей энергии в составе таких энергосистем [1] позволяет значительно снизить негативный эффект резкопеременной нагрузки.

Для оценки зависимости удельного расхода топлива от характера нагрузки авторами проведены экспериментальные исследования на судовом дизельгенераторе ДГР-25М1/1500 буксира-толкача РТ-646 Западно-Сибирского речного пароходства (дизель 4С10,5/13, синхронный генератор МСК82-4) с наработкой на момент проведения эксперимента 15300 ч.

На рисунке 1 приведена принципиальная электрическая схема проведения эксперимента.

В качестве основной нагрузки использовались водогрейный котел (активная нагрузка R1) и нагревательные ТЭНы (активная нагрузка R), мощность которых, соответственно, 16 и 3 кВт.

Регулирование нагрузки выполнялось при помощи автотрансформатора АТМН-32-220-75У4. Дополнительно использовалась нерегулируемая нагрузка R2 (освещение, камбузная плита), суммарной мощностью до 5 кВт.

Коммутации (включение и выключение) нагрузки производились штатным контактором КМ. Моменты коммутаций задавались с помощью программного устройства ТЕМП-1м (ПУ); QF1, QF2, QF3 – штатные автоматические выключатели; ТТ – трансформаторы тока ГРЩ; DM2436 – универсальный цифровой измерительный прибор для контроля частоты, напряжения, активной и реактивной мощностей.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕГРАЛОВ**

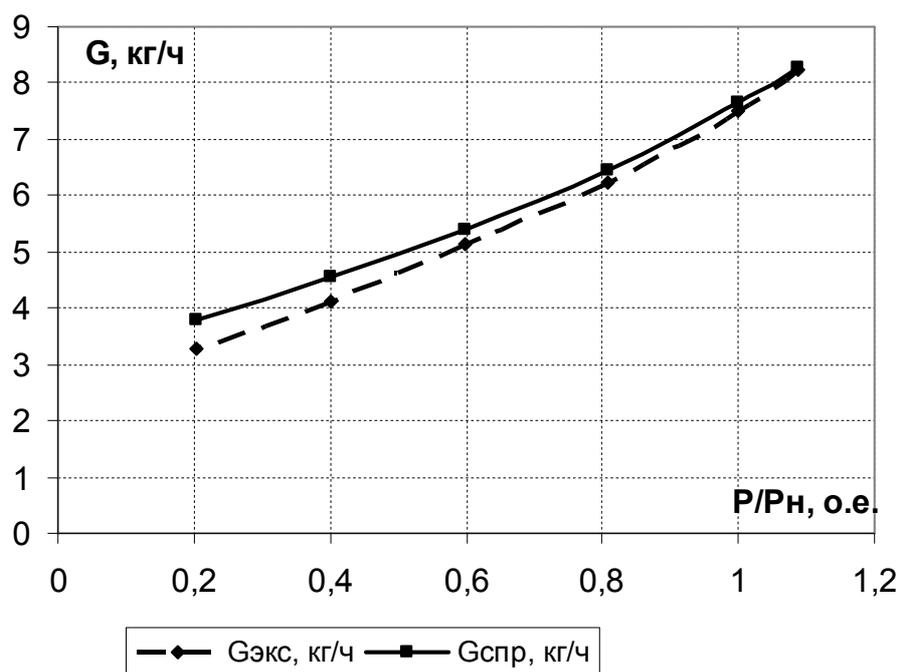


Рисунок 2 – Зависимость часового расхода топлива от нагрузки

Обозначения: гэкc-расход по результатам эксперимента; гспр-расход по справочным данным

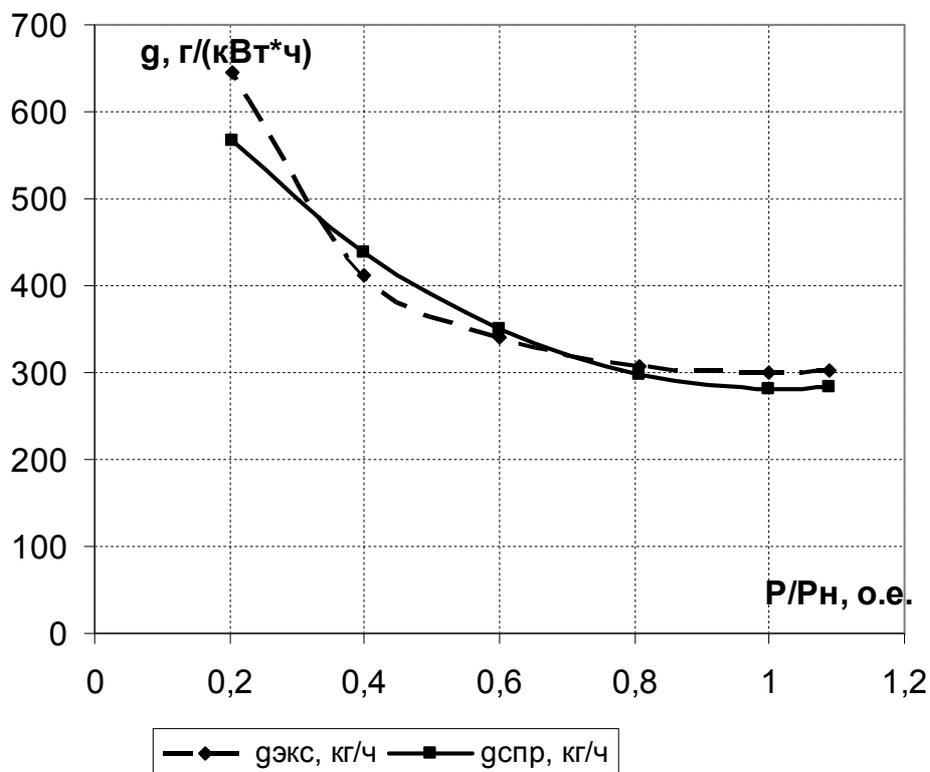


Рисунок 3 – Зависимость удельного расхода топлива от нагрузки

Обозначения: гэкc-расход по результатам эксперимента; гспр-расход по справочным данным

Для замеров расхода топлива использовались электронные весы ПВ-6 с пределом измерения 6 кг и относительной погрешностью 0,1%.

Эксперимент проводился в два этапа: на первом – получена зависимость удельного расхода топлива от степени загрузки дизель-генератора при постоянстве нагрузки, на втором этапе – зависимость удельного расхода при резкопеременном характере нагрузки. Таким образом, были сняты статические и динамические характеристики удельного расхода топлива в зависимости от нагрузки. Результаты первого этапа эксперимента представлены на рисунках 2 и 3.

Второй этап эксперимента проводился при следующих условиях:

1) ДГА запускался и выводился на заранее рассчитанный режим нагрузки (при номинальных значениях напряжения и частоты).

2) Запускалось программное устройство ТЕМП-1м, которое по заданной программе периодически включало и отключало регулируемую часть нагрузки. Качественно характер нагрузки показан на рисунке 4.

3) Одновременно с запуском ТЕМП-1м фиксировались показания весов.

4) По истечении заданного времени (длительности опыта) показания весов вновь фиксировались.

5) Расход топлива рассчитывался как разница в показаниях весов по п.4 и п.3.

Графически результаты эксперимента представлены на рисунке 5, где среднее значение мощности P_{cp} за цикл рассчитывалось из выражения:

$$P_{cp} = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}, \text{ кВт.}$$

Опыты проводились для двух значений средней мощности $P_{cp}=10$ кВт и $P_{cp}=20$ кВт с амплитудой колебаний 5 кВт. Для каждого из этих случаев выполнялось по 3 опыта. Соответственно, для $P_{cp}=10$ кВт, опыты 1-3 и для $P_{cp}=20$ кВт, опыты 4-6.

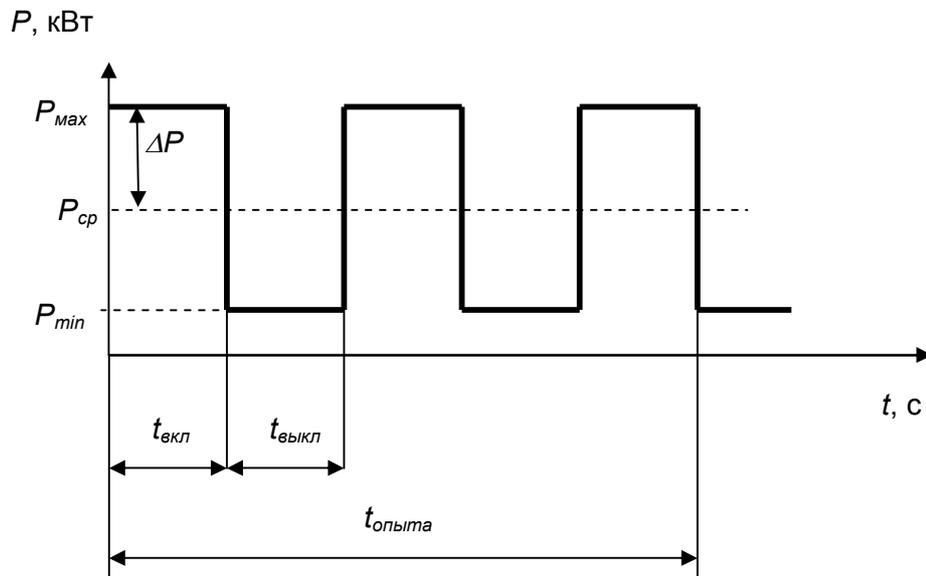


Рисунок 4 – Нагрузочная диаграмма

Обозначения: $t_{вкл}$ –время работы дизеля с максимальной нагрузкой, с; $t_{выкл}$ –время работы дизеля с минимальной нагрузкой, с

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕГРАЛОВ**

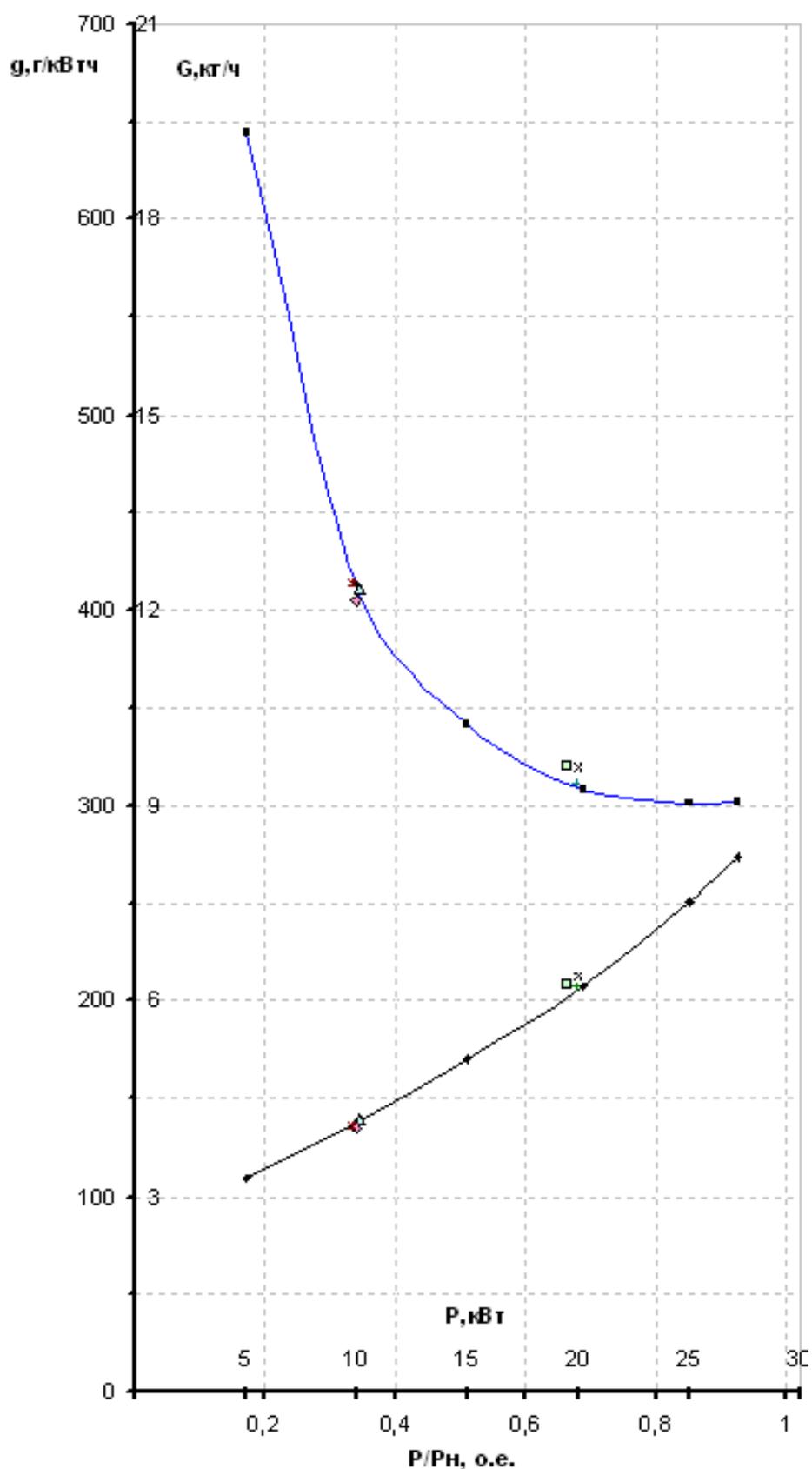


Рисунок 5 – Результаты экспериментальных исследований ДГА при работе с переменной нагрузкой

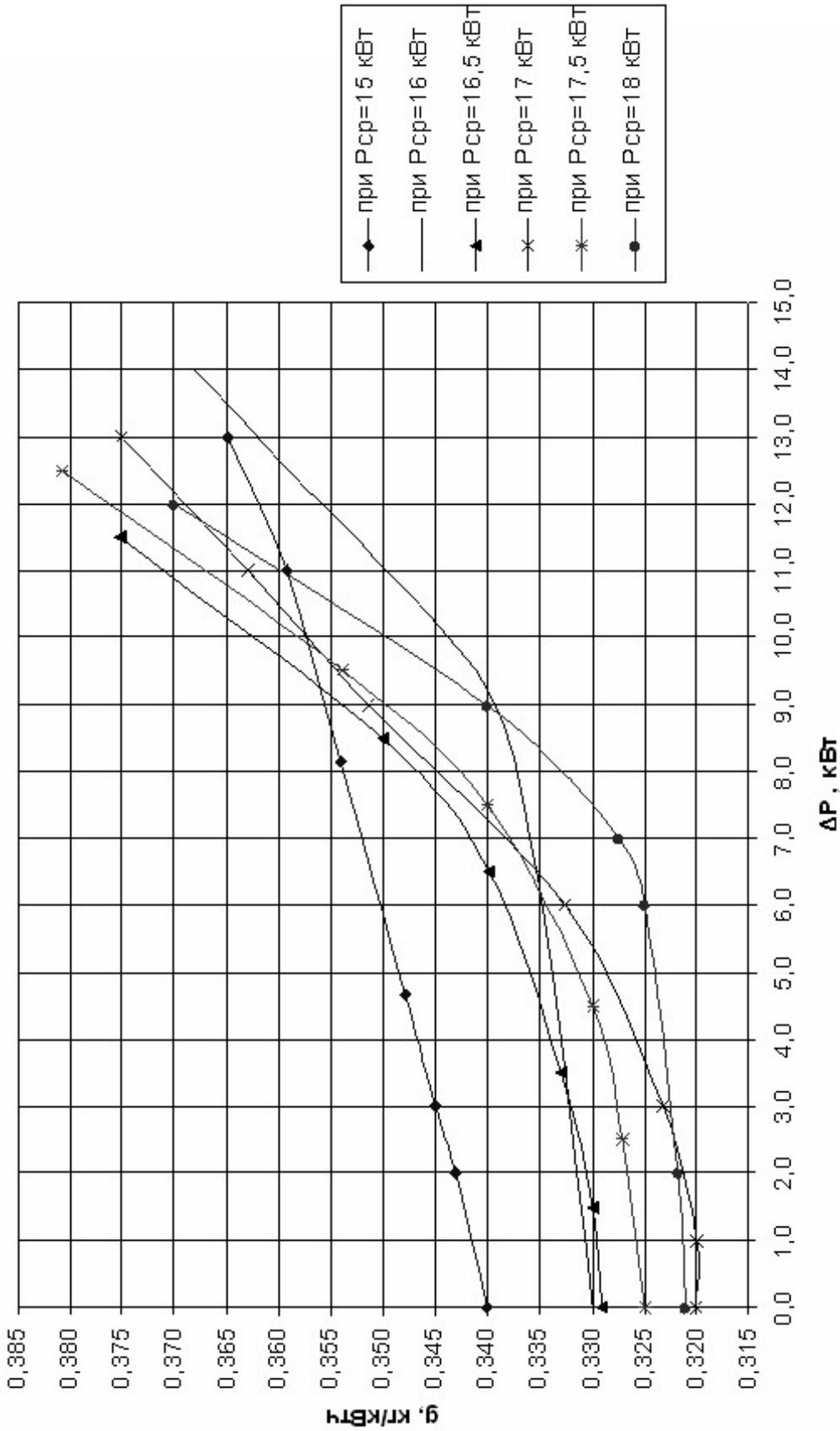


Рисунок 6 – Зависимость удельного расхода топлива от амплитуды колебаний нагрузки при различных значениях средней мощности $P_{ср}$

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕГРАЛОВ**

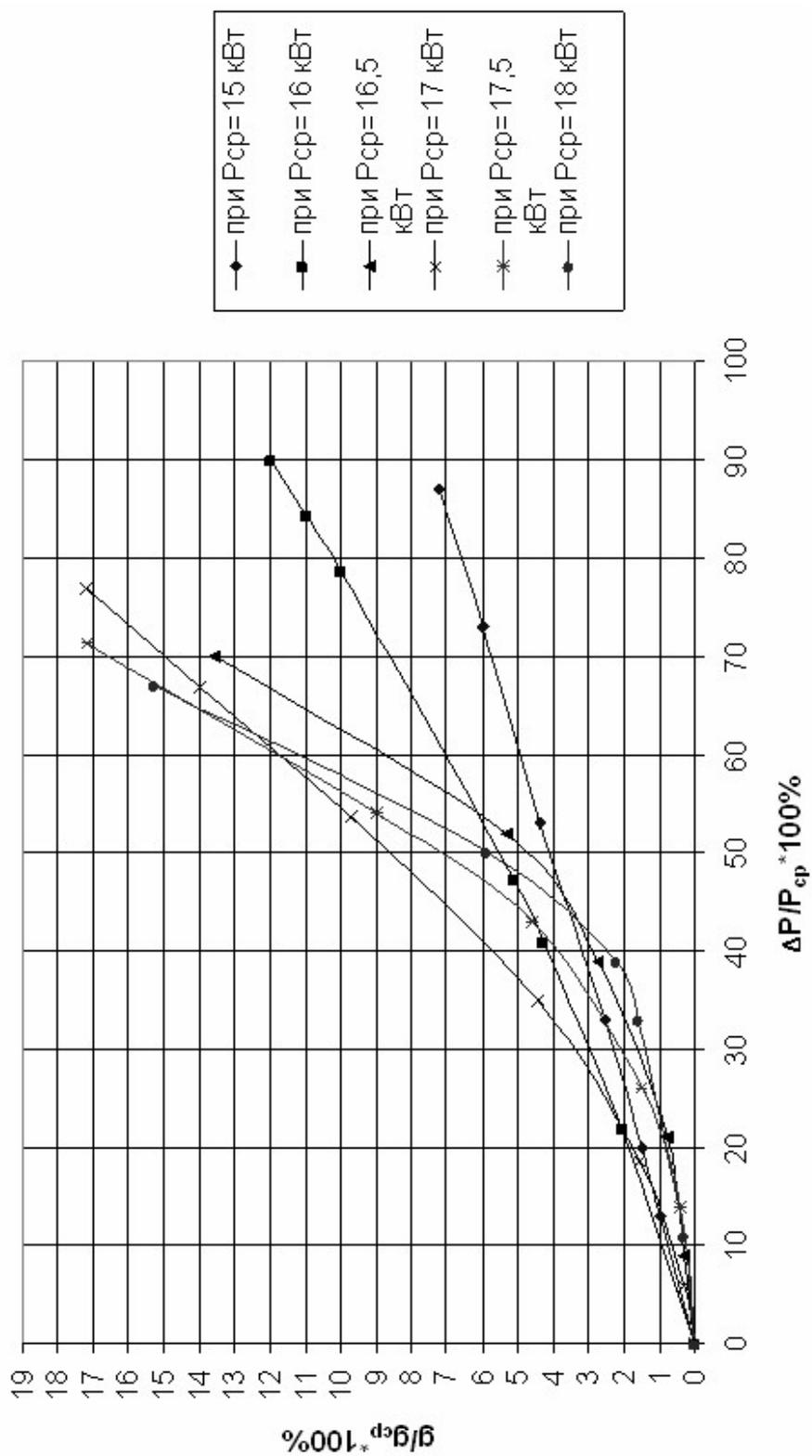


Рисунок 7 – Зависимость относительного удельного расхода топлива от относительной амплитуды колебаний мощности нагрузки при различных значениях средней мощности P_{cp}

В среднем увеличение расхода топлива Δg по сравнению с расходом при соответствующей статической нагрузке составило:

- при $P_{cp}=10$ кВт менее 1%;
- при $P_{cp}=20$ кВт около 3%.

Результаты эксперимента показали, что удельный расход топлива зависит как от характера нагрузочной диаграммы, так и от среднего значения мощности.

Основываясь на полученных экспериментальных данных, были проведены расчёты удельного расхода топлива для значений средней мощности $P_{cp}=15$ кВт, 16 кВт, 16,5 кВт, 17 кВт, 17,5 кВт и 18 кВт при той же самой нагрузочной диаграмме (рисунок 4). При расчётах кроме, изменения значения средней мощности изменялась также амплитуда колебаний нагрузки $\Delta P = 13$ кВт; 11 кВт; 8,1 кВт; 4,7 кВт; 3 кВт и 2 кВт.

На рисунке 6 представлены результаты расчётов зависимости удельного расхода топлива от амплитуды колебаний нагрузки при различных значениях средней мощности.

На рисунке 7 представлены результаты расчётов зависимости относительного удельного расхода топлива от относительной амплитуды колебаний мощности нагрузки при различных значениях средней мощности P_{cp} . Графики показывают, как меняется расход топлива при изменении амплитуды колебаний нагрузки. Так, например, при средней мощности 17 кВт и при колебаниях, составляющих 50% по отношению к стационарной нагрузке, перерасход топлива составляет 8,6 %. А при таких же колебаниях нагрузки, но при средней мощности, равной 16,5 кВт, перерасход топлива равен 4,8%.

Эксперименты, проведенные на дизель-генераторном агрегате ДГР-25М1/1500 энергосистемы буксира-толкача РТ-646, показали, что удельный расход топлива зависит не только от среднего значения нагрузки, но и от характера графика нагрузки. Расчёты, проведённые на основании экспериментальных данных, свидетельствуют о том, что перерасход топлива от нестационарности графика нагрузки может составить до 17%. Исходя из этого, можно оценивать и предельную эффективность применения накопителей энергии, выравнивающих график нагрузки дизель-генератора. В данном случае эта эффективность (без учёта КПД накопителя) выражается экономией топлива на величину до 17%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Мосиенко, А.Б.** Математическая модель автономной энергосистемы плавучего крана с электромеханическим накопителем энергии [Текст]: / А.Б. Мосиенко, В.М. Зырянов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока: Научный журнал. 2002, -№1. -С. 128-133.

2 **Дизели** [Текст]: справочник / под ред. В.А. Ваншейдта // -Л.: Машиностроение, 1964, - 600 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

РЕМОНТ РАМНЫХ СУДОВЫХ БАЛОК С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ, УСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ЛИСТОВОГО ЭЛЕМЕНТА

П.А. Бимбереков, А.А. Плесовских

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Рассматривается вариант ремонта рамных балок судового набора с деформированной стенкой в виде выпучин или кромочных деформаций путем подкрепления уголками по свободному пояску и листовыми элементами вдоль стенок балок.

На рисунке 1 представлен эскиз и расчетная схема подкрепления деформированной

балки.

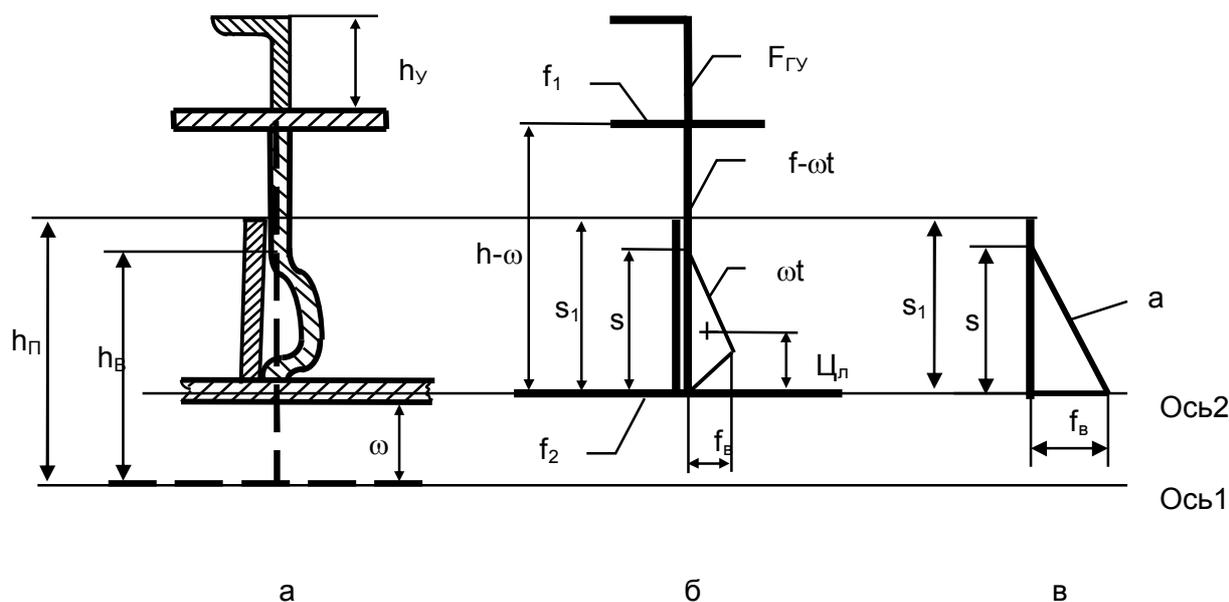


Рисунок 1 – Эскиз и эквивалентная схема деформированной балки с подкреплением и зоны деформации с подкреплением

Обозначения: ω - прогиб обшивки в районе стенки балки; S - протяженность выпучины или кромочной деформации по высоте балки; S_1 - высота листового подкрепляющего элемента; $Ц_п$ - положение центра тяжести вспомогательной ломаной зоны деформации от присоединенного пояска обшивки; $f_в$ - стрелка прогиба выпучины или кромочной деформации стенки балки; $h_в$ - протяженность деформированной части стенки по высоте стенки балки; $F_{Гy}$ - площадь сечения подкрепляющего профиля; $h_п$ - высота крайней точки листового элемента подкрепления стенки от оси 1; h_y - высота подкрепляющего профиля

Величину момента инерции отремонтированного подкреплением - установкой уголка и листового элемента - профиля $I_{РyЛ}$, взяв за отсчет ось 2, можно определить следующей зависимостью:

$$I_{РyЛ} = I_D + I_{Гy} + F_{Гy}(h - \omega + h_y C_{1y})^2 + \frac{t_s S_1^3}{4} + \frac{t_s S_1^3}{12} + (F_r + f_2) z_{1D}^2 - (F_r + f_2 + F_{Гy} + s t_s) z_{1РyЛ}^2, \quad (1)$$

где I_D - момент инерции поврежденного профиля;

$I_{Гy}$ - собственный момент инерции подкрепляющего уголка;

C_{1y} - относительное положение центра тяжести уголка (в долях от h_y) от полки профиля [1];

z_{1D} - по зависимости,

$$z_{1D} = \frac{F_r h}{(1 + k_s)} \left[\frac{k_p(1 - \bar{\omega}) + (1 - \bar{\omega})^2 / 2 + \frac{\bar{\omega}}{2} \left((D_1 - \bar{\omega}) \frac{\sqrt{1 + k_s^2}}{\sqrt{1 + k_s^2 + k_s}} \right)}{F_r + f_2} \right], \quad (2)$$

$k_s = f_в / s$, $\bar{\omega} = \omega / h$, $D_1 = h_в / h$;

$F_r = f_1 + f$ - площадь исходного профиля, состоящего из полки площадью f_1 и стенки площадью f ;

$z_{1РyЛ}$ - параметр, определяемый зависимостью:

$$z_{1RyЛ} = \frac{F_r C_{1D} (h - \omega) + F_{ry} (h - \omega + C_{1y} h_y) + \frac{t_s s_1^2}{2}}{F_r + f_2 + F_{ry} + s_1 t_s}. \quad (3)$$

Момент сопротивления отремонтированного установкой уголка и листового элемента профиля $W_{RyЛ}$ определится по зависимости:

$$W_{RyЛ} = I_{RyЛ} / z_{11RyЛ}, \quad (4)$$

где

$$z_{11RyЛ} = h - \omega + h_y - z_{1RyЛ}. \quad (5)$$

Для $I_{RyЛ}$ можно наложить следующее условие:

$$I_{RyЛ} \geq [I] \geq I, \quad (6)$$

где $[I]$ – значение момента инерции сечения профиля по требованиям Регистра;

I – построечное значение момента инерции сечения профиля.

Примем, что $s_1 = h_{\pi} - \omega = D_2 h - \omega = h(D_2 - \bar{\omega})$, $t_s = k_t t$,

тогда

$$\frac{s_1 t_s}{F_r} = \frac{s_1 t_s}{h t (1 + k_{\pi})} = \frac{(D_2 - \bar{\omega}) k_t}{(1 + k_{\pi})}. \quad (7)$$

$$I_{RyЛ} - I_D = F_r h^2 \left[k_t \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^{2+n} + \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^n \left(1 - \bar{\omega} + C_{1y} \frac{h_y}{h} \right)^2 + \frac{k_t (D_2 - \bar{\omega})^3}{3(1 + k_{\pi})} + \right. \\ \left. + \frac{C_{1D}^2 (1 - \bar{\omega})^2}{1 + f_2 / F_r} - \left(1 + f_2 / F_r + \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^n + \frac{(D_2 - \bar{\omega}) k_t}{(1 + k_{\pi})} \right)^{-1} \right] \times \quad (8)$$

$$\times \left[C_{1D} (1 - \bar{\omega}) + \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^n \left(1 - \bar{\omega} + C_{1y} \frac{h_y}{h} \right) + \frac{k_t (D_2 - \bar{\omega})^2}{2(1 + k_{\pi})} \right]^2;$$

$$z_{11RyЛ} = h \left[1 - \bar{\omega} + \frac{h_y}{h} - \frac{\left[C_{1D} (1 - \bar{\omega}) + \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^n \left(1 - \bar{\omega} + C_{1y} \frac{h_y}{h} \right) + \frac{k_t (D_2 - \bar{\omega})^2}{2(1 + k_{\pi})} \right]}{1 + f_2 / F_r + \frac{k_{FY}}{k_{FT}} \left(\frac{h_y}{h} \right)^n + \frac{(D_2 - \bar{\omega}) k_t}{(1 + k_{\pi})}} \right]. \quad (9)$$

Поиск решения произведем в виде:

$$\frac{I_{RyЛ} - I_D}{I} - \frac{I - I_D}{I} \rightarrow 0; \quad (10)$$

$$\frac{W_{RyЛ} - W_D}{W} - \frac{W - W_D}{W} \rightarrow 0.$$

По результатам расчетов построены график зависимости для определения относительной высоты искомого подкрепляющего профиля h_y/h для проектирования по моменту сопротивления W в дополнение к листовому элементу размером $s_1/h = 1 - \omega/h$ при $\omega/h = 0,2$ и разных относительных толщинах подкрепляющего листового элемента $k_t \in [0,6; 0,8; 1,0; 1,2]$ (рисунок 2), при следующих вариантах параметров $k_{\pi} \in \{0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}$, $F_r/f_2 \in [0,5; 4,0]$.

На рисунке 2 представлена номограмма выбора подкрепления.

РЕМОНТ РАМНЫХ СУДОВЫХ БАЛОК С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ, УСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ЛИСТОВОГО ЭЛЕМЕНТА

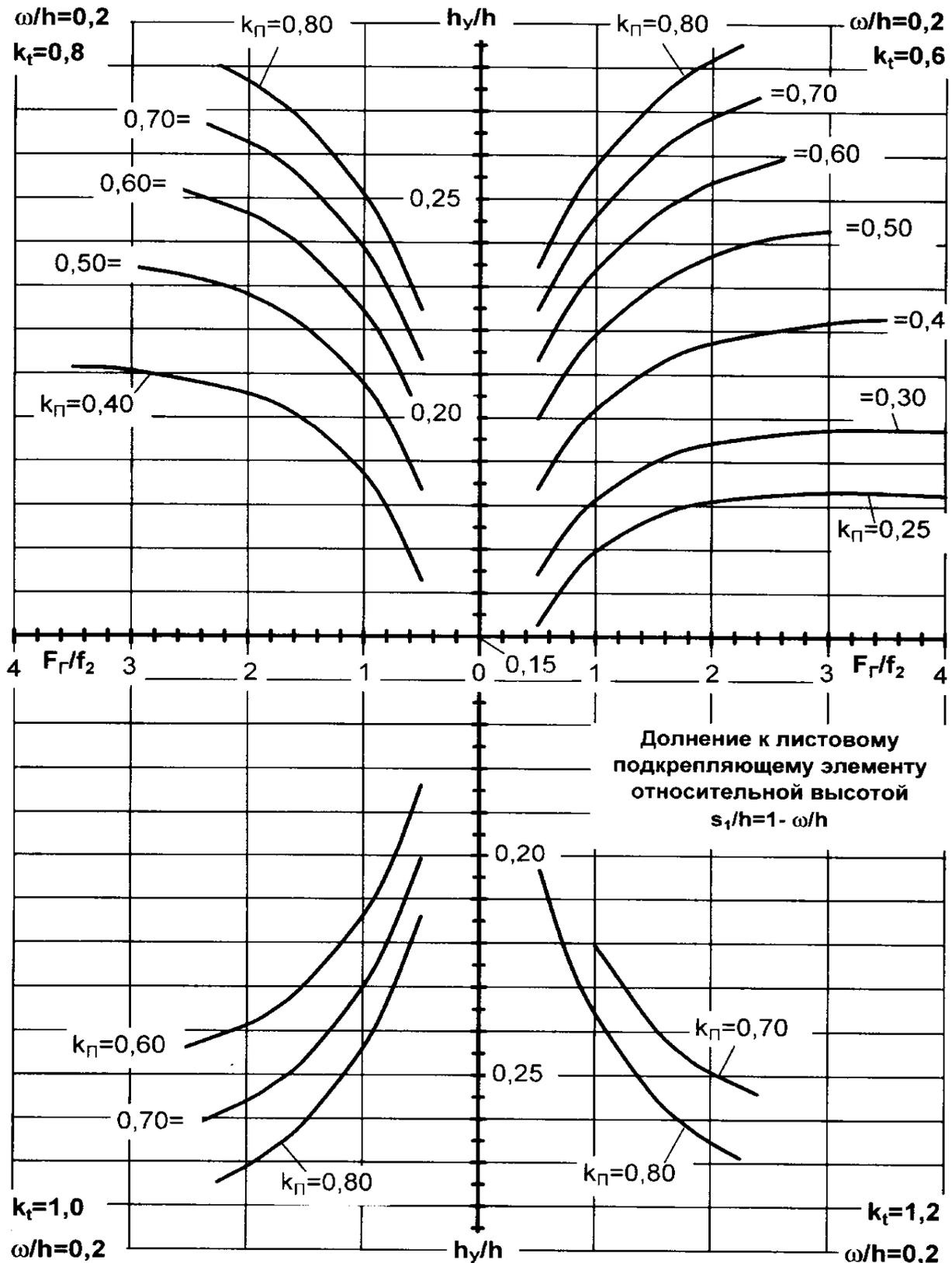


Рисунок 2 – Номограмма для определения относительной высоты подкрепляющего по свободному пояску деформированной тавровой балки неравнобокого уголка при одновременном подкреплении листовым элементом высотой $s_1 = h(1 - \omega/h)$ в плоскости стенки балки

1 Бимбереков, П.А. Анализ и оптимизация размеров профилей и эквивалентного бруса корпуса судна [Текст]: / П.А. Бимбереков // -Новосибирск: НГАВТ, 2004. -272 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОЙ ПРУЖИНЫ

М.К. Романченко, А.М. Романченко

Общество с ограниченной ответственностью «МиО»

Рассмотрены результаты исследований поперечной устойчивости шарнирно закрепленной винтовой пружины при действии постоянной деформации. Сформулировано понятие устойчивости сжатой пружины. Построена математическая модель перехода работы внешней силы в потенциальную энергию деформации. Выведены зависимости для вычисления критической деформации винтовой пружины, при которой пружина теряет устойчивость.

Пусть имеется винтовая пружина. Если при медленном нарастании силы пружина сжимается по оси до соприкосновения витков, то она устойчива по всей силовой характеристике. Если пружина при некоторой силе начинает заваливаться поперек линии действия силы, то она неустойчива. Такой подход отличается от принятого в сопротивлении материалов для продольного сжатия стержней, но, как будет показано ниже, полностью совпадает с формулировкой понятия устойчивости при продольном изгибе.

Если в стержнях продольная деформация игнорируется, то в пружинах её необходимо учитывать. При сжатии пружина запасает энергию, а её изгиб получает запасённую энергию за счет удлинения нейтрального слоя. Для исследования устойчивости полагают деформации бесконечно малыми, что позволяет предположить, что изогнутая ось имеет форму синусоиды. При этом имеется в виду шарнирное закрепление концов:

$$y = y_0 \sin \pi \frac{X}{H}. \quad (1)$$

В точках приложения сил нет моментов и можно записать:

$$dy = dx \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = y_0 \left(\cos \pi \frac{X}{H} \right) \frac{\pi}{H}. \quad (3)$$

При изгибе ось пружины удлиняется и высвобождает энергию. В то же время изгиб оси требует затраты энергии. Если составить баланс, указанных величин, то можно найти границу устойчивости сжатой пружины.

Дифференциал дуги оси пружины как эквивалентного бруса найдем по теореме Пифагора:

$$dL = \sqrt{(dx)^2 + (dx)^2 y_0 \frac{\pi^2}{H^2} \cos^2 \pi \frac{X}{H}} = dx \sqrt{1 + \frac{y_0^2 \pi^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}}. \quad (4)$$

Длина дуги найдется через определённый интеграл:

$$L = \int_0^H \sqrt{dx}; \quad dL = dx \sqrt{1 + \frac{y_0^2 \pi^2}{2H^2} \left(1 + \cos \frac{2\pi X}{H} \right)}. \quad (5)$$

Квадрат от левой и правой части уравнения дает:

$$dL^2 = dx^2 + dx^2 \frac{y_0 \pi}{H} \cos \left(\pi \frac{X}{H} \right), \quad (6)$$

Выделим приращение длины дуги в чистом виде, т.е. как разность от сжатия и выпучивания $\delta L = dL - dx$. Первый член правой части имеет вид:

**ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОЙ
ПРУЖИНЫ**

$$dL = \sqrt{(dx)^2 + (dx)^2 y_0 \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}} = dx \sqrt{1 + \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}}. \quad (7)$$

Пусть $y_0 \ll H$, тогда под корнем будет число близкое к единице, а сам корень будет равен:

$$\sqrt{1 + \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}} = 1 + \frac{\pi^2 y_0^2}{2H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}, \quad (8)$$

Искомое приращение дуги равно:

$$\begin{aligned} \int_0^H \delta L &= \int_0^H \frac{\pi^2 y_0^2}{2H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H} dx = \frac{\pi y_0^2}{2H} \int_0^H \cos^2 \frac{\pi X}{H} d \frac{\pi X}{H} = \\ &= \frac{\pi y_0^2}{2H} \left[\frac{\pi X}{2H} + \frac{\sin \frac{2\pi X}{H}}{4} \right]_0^H = \frac{\pi y_0^2}{2H} \left[\frac{\pi X}{2H} + \frac{\sin 2\pi}{4} \right] = \frac{\pi^2 y_0^2}{4H}. \end{aligned} \quad (9)$$

Окончательно запишем удлинение дуги:

$$\delta L = \frac{\pi^2 y_0^2}{4H}, \quad (10)$$

Работа внешней силы:

$$\delta V = \delta L C \Delta = \frac{\pi^2 y_0^2}{4H} C \Delta,$$

где $C \Delta$ – сила сжатия, равная произведению жесткости на деформацию.

Вспоминая, что ось пружины изогнута по синусоиде, получим кривизну оси:

$$y'(x) = \frac{\pi y_0^2}{H}; \quad y''(x) = \frac{-\pi^2 y_0^2}{H^2} \sin \frac{\pi X}{H}; \quad y''' = \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}. \quad (11)$$

Полное выражение кривизны в данном случае можно упростить, поскольку исследуется проблема устойчивости с бесконечно малыми деформациями:

$$k = \frac{1}{\rho} = \frac{\frac{-\pi^2 y_0^2}{H^2} \sin \frac{\pi X}{H}}{\sqrt{1 + \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}}} \approx -\frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \sin \frac{\pi X}{H}, \quad (12)$$

так как $y_0 \ll H$, то можно сделать упрощение:

$$\sqrt{1 + \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H}} = 1 + 1,5 \frac{\pi^2 y_0^2}{H^2} \cos^2 \frac{\pi X}{H} \approx 1.$$

Возвращаясь к модели пружины, запишем кривизну однородного бруса:

$$k = \frac{M}{EJ_x}.$$

Угол поворота сечения

$$\theta = \frac{Ml}{EJ_x}.$$

Дифференциальное уравнение с раздельными переменными:

$$d\theta = \frac{Ml}{EJ_x} dl.$$

Работа момента при изгибе пружины равна площади под силовой характеристикой, в данном случае линейной:

$$U = \frac{M\theta}{2} = \frac{M^2 l}{2EJ_x}. \quad (13)$$

Дифференциал работы:

$$dU = \frac{M}{2} d\Theta = \frac{M^2}{2EJ_x} dl \quad (14)$$

где $dl = dx$.

Интегрируя по всей длине бруса, получим энергию упругой деформации:

$$\begin{aligned} U &= \int_0^H \frac{C^2 \Delta^2 y_0^2 \sin^2 \frac{\pi X}{H}}{2EJ_x} dx = \frac{C^2 \Delta^2 y_0^2 H}{2EJ_x \pi} \int_0^H \sin^2 \frac{\pi X}{H} d \frac{\pi X}{H} = \\ &= \frac{C^2 \Delta^2 y_0^2 H}{2EJ_x \pi} \left[\frac{\pi X}{2H} - \frac{\sin \frac{2\pi X}{H}}{4} \right] = \frac{C^2 \Delta^2 y_0^2 H}{4EJ_x}. \end{aligned} \quad (14)$$

Работа $\delta U = U$, тогда критические деформации равны:

$$\Delta = \frac{\pi^2 EJ_x}{H^2 C},$$

где E – модуль упругости эквивалентного бруса;

J_x – момент инерции эквивалентного бруса;

C – жесткость пружины на сжатие;

H – высота пружины.

Параметры эквивалентного бруса винтовой пружины равного шага и диаметра витков приведём для справки:

$$E = \frac{\delta}{\varepsilon}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{H}; \quad \delta = \frac{CD^4}{\pi D^2};$$

где D – средний диаметр пружины;

$E = \frac{4CH}{\pi D^2}$ – модуль упругости эквивалентного бруса;

$J_x = \frac{\pi D^4}{64}$ – момент инерции эквивалентного бруса.

Для практического использования можно рекомендовать формулу критической деформации, при которой пружина теряет устойчивость:

$$\Delta = \frac{\pi^2 EJ_x}{H^2 C} = \frac{\pi^2 D^2}{16H}. \quad (15)$$

Здесь имеются варианты поведения пружины. Если зазор между витками будет достаточным для критической деформации, пружина потеряет устойчивость, т.е. выпучится в сторону от оси. Если зазор невелик, то пружина сложится до соприкосновения витков и не потеряет устойчивость.

Выше была исследована устойчивость шарнирно закреплённой пружины. На практике такое закрепление встречается крайне редко и необходимо пересчитать условие устойчивости для пружины с заделанными концами. Например, в опоре пружины заделаны по обоим концам. Форма потери устойчивости (рисунок) для такой пружины имеет вид синусоиды длиной 2π .

В пределах длины пружины находим две точки свободные от момента и три точки с наибольшим моментом. Средняя часть пружины, составляющая ровно половину всей длины, оказывается как бы шарнирно закреплённой. Полная критическая деформация пружины удвоится, как и длина пружины. Это дает следующую формулу для вычисления критической деформации пружины заделанной по концам

$$\Delta = \frac{\pi^2 D^2}{4H} = 2,7 \frac{D^2}{H}.$$

ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОЙ ПРУЖИНЫ



Рисунок – Форма потери устойчивости для пружины, заделанной по концам

Здесь будет уместна ссылка на поправки Ясинского используемые в теории продольной устойчивости стержней.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ КАПЕЛЬ ВОДО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

**Д.А. Сибриков, С.В. Титов, В.Д. Шмаков,
Д.В. Шулгестеров, Г.С. Юр**

Предложена и рассмотрена гипотеза об участии воды в составе водо-топливной эмульсии (ВТЭ) на процесс горения и тепловыделения в осциллирующей среде.

Известно, что получить значительный эффект по топливной экономичности при работе дизеля на ВТЭ можно, как правило, при «испорченном» рабочем процессе. Примерами могут служить такие случаи, как использование тяжелых сортов топлива, работа на дизелях с изношенной топливной аппаратурой и ЦПГ.

На новых дизелях с доведенным рабочим процессом получить эффект уменьшения расхода топлива при использовании ВТЭ весьма проблематично. Это объясняется тем, что положительный эффект получаемый от улучшения процессов смесеобразования и сгорания компенсируется отрицательным эффектом вследствие потерь теплоты на нагрев и испарение воды подаваемой в цилиндр дизеля в составе ВТЭ [1].

В связи с этим представляет научный интерес случайно обнаруженное явление значительного сокращения расхода топлива (на 22 г/кВт ч) на дизеле с профилированным поршнем, генерирующем газодинамические колебания, при работе на ВТЭ. Эмульсия содержала 84% дизельного топлива 15% воды и 1% мазута, который служил ПАВ [2].

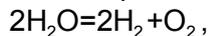
В качестве рабочей гипотезы для объяснения этого явления принято предположение, что при возбуждении поперечной стоячей волны в камере сгорания дизеля, под действием пульсаций давления в каплях распыленной ВТЭ, имеет место процесс акустической паровой развитой кавитации. При этом включения воды, обладая более низкой температурой кипения в сравнении с дизельным топливом, будут являться зародышами кавитации. При этом следует ожидать значительного снижения порога кавитационной прочности капель ВТЭ в сравнении с дизельным топливом.

Установлено, что при адиабатном сжатии кавитационного пузырька температура внутри него достигает 10 000 °С, а давление 15 МПа [3]. Напряженность электрического поля в момент расщепления пузырьков составляет 10 В/м² [4]. При сжатии кавитационных пузырьков обнаружены радиальные и кольцевые кумулятивные струи. Считается, что в процессе кави-

тации, в микрообъемах жидкости имеют место процессы, тождественные состоянию низко-температурной плазмы.

Эти условия переводят воду и топливо в сверхкритическое состояние, при котором теряется различие между жидкой и паровой фазами.

Под действием высоких температур и давлений возможна как термическая диссоциация (разделения, распада) молекул воды на кислород и водород:



так и диссоциация на водород и гидроксильную группу [5]:



Появление в зоне пламени большого количества активных центров гидроксида и атомарного водорода может во много раз ускорить реакцию окисления и горения углеводородов.

Образовавшиеся при диссоциации воды атомы кислорода также могут принять участие в процессе горения топлива.

В настоящее время активно изучаются и создаются научные основы использования воды, находящейся в сверхкритическом состоянии, для создания принципиально новых экологически чистых технологий конверсии низкосортных топлив в ценные углеводороды, топливо и тепло [6-8].

В результате экспериментальных исследований выполненных в лаборатории СДВС ФГОУ ВПО «НГавт» доказано, что при распыливании дизельного топлива в нагретую осциллирующую газовую среду происходит процесс его газификации. Хроматографический анализ полученных продуктов показал, что в результате образуется водород, метан, этан, этилен, пропилен и целый ряд других углеводородных газов [9]. Это также подтверждает наличие в каплях распыленного топлива высокотемпературных процессов деструкции проходящих с разрывом водородно-углеродных межмолекулярных связей.

Другим заслуживающим внимания фактом испытания дизеля Ч10,5/12 с профилированным поршнем возбуждающим газодинамические колебания при работе на ВТЭ (в сравнении с работой на дизельном топливе) является резкое повышение давления сгорания. Максимальное давление газов в цилиндре увеличилось на 0,5 МПа или на 5,3%.

В лаборатории молекулярно-пучковых исследований научно-исследовательского института теплофизики СО РАН проведено исследование кинетики горения бензола в воде, которая находилась в сверхкритическом состоянии. В результате обнаружен взрывной характер горения и установлено, что этот процесс может развиваться по тепловому и разветвленно-цепному механизмам [10]. Следствием этого явления может быть резкое повышение давления сгорания в цилиндре дизеля.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

– Газодинамические колебания, возбуждаемые в цилиндре дизеля способны инициировать процесс кавитации в каплях водотопливной эмульсии;

– Включения воды, которая имеет значительно меньшую температуру кипения в сравнении с углеводородными фракциями, могут служить зародышами кавитации значительно снизить порог кавитационной прочности капель ВТЭ.

– Под воздействием периодических осцилляций давления газовой среды в цилиндре дизеля происходит сжатие паровых пузырьков и имеет место процесс акустической паровой кавитации. В результате вода и топливо в этих микрообъемах переходят в сверхкритическое состояние. При этом возможны процессы диссоциации молекулы воды на атомы кислорода, водорода и свободные радикалы, а жидкие углеводороды газифицируются на водород и простейшие газы.

Образующиеся в сверхкритическом состоянии химические компоненты взаимодействуя между собой и кислородом воздуха интенсифицируют процесс сгорания в цилиндре дизеля и могут при определенных условиях стать дополнительным источником выделения тепла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лебедев, О.Н. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях [Текст] / О.Н. Лебедев,

В.А. Сомов, В.Д. Сисин // Л.: Судостроение. 1988. - 108 с.

2 **Линевич, О.И.** Комплексное влияние водотопливной эмульсии и усиления газодинамических колебаний воздушного заряда на основные показатели дизеля [Текст] / О.И. Линевич, Г.С. Юр //Дизельные энергетические установки речных судов. //Сборник научных трудов. Новосибирск, НГАВТ. 2000. С. 37-40.

3 **Перник, А.Д.** Проблемы кавитации [Текст] /А.Д.Перник / Л.: Судостроение. 1966.- 439 с.

4 **Маргулис, М.А.** Акустическая кавитация. Новые экспериментальные и теоретические исследования [Текст] / М.А.Маргулис. Тезисы докладов: Акустическая кавитация и применение ультразвука в химической технологии «Кавитация – 85». Славское. 1985. С. 3-4.

5 **Кондратьев, В.Н.** Свободные радикалы – активная форма вещества [Текст] / В.Н. Кондратьев М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 56 стр.

6 **Thornton T.D.** Savage Ph. E. et al //AIChE Journal. 1992. V.38 N3. P. 321-327.

7 **DiNaro J.I.**, Tester J. W., Howard J.B.//AIChE Journal. 2000 V.46. N 11, P.2274-2284.

8 **Востриков, А.А.** Пиролиз эйкозана в сверхкритической воде [Текст] / А.А. Востриков, Д.Ю. Дубов, С.А. Псаров //Известия РАН. Серия химическая. № 8. 2001. С. 1406-1408.

9 **Титов, С.В.** Кавитационный термический газовый генератор для газификации дизельного топлива [Текст] / С.В. Титов, Г.С. Юр // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, ФГОУ ВПО НГАВТ №1, 2007. С. 107-109.

10 **Востриков, А.А.** Горение бензола в сверхкритической воде [Текст] / А.А. Востриков, С.А. Псаров. //Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30. Вып. 3. С. 24-30.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОР

Е.В. Фомичева

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Исследована динамическая устойчивость виброизолирующих опор. Решено характеристическое уравнение, соответствующее уравнению колебаний виброизолирующих опор. Исследованы полученные решения и построены области динамической устойчивости виброизолирующих опор, позволяющие определять их устойчивое положение при определенных значениях основных параметров.

Работоспособность любой системы автоматического регулирования обусловлена одной из основных ее динамических характеристик. Автоматические системы виброизоляции должны быть динамически устойчивы в определенной области параметров системы. Этот вопрос является актуальным в особенности для виброизолирующих систем, поскольку известна их склонность к самовозбуждению [1].

Исследуем устойчивость движения виброизолирующих опор в первом приближении в соответствии с теоремой А.М. Ляпунова [2, 3]. Составим характеристическое уравнение, соответствующее уравнению колебаний виброизолирующих опор:

$$\lambda^3 + \frac{C_1 + C_2}{k} \lambda^2 + \frac{C_1}{km} \lambda + \frac{C_1 \cdot C_2}{km} = 0. \quad (1)$$

Решение этого уравнения можно найти по формулам Кардано:

$$\lambda_1 = \left(-\frac{q^{\frac{1}{2}}}{2} + \left(\frac{1}{27} p + \frac{1}{4} q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{q^{\frac{1}{2}}}{2} - \left(\frac{1}{27} p + \frac{1}{4} q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}},$$

$$\lambda_{2,3} = -\frac{1}{2} \left[\left(-\frac{q^2}{2} + \left(\frac{1}{27}p + \frac{1}{4}q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{q^2}{2} - \left(\frac{1}{27}p + \frac{1}{4}q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \pm \pm i\sqrt{3} \cdot \left[\left(-\frac{q^2}{2} + \left(\frac{1}{27}p + \frac{1}{4}q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(-\frac{q^2}{2} - \left(\frac{1}{27}p + \frac{1}{4}q \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \right], \quad (2)$$

где

$$p = \left(-\frac{1}{3} \cdot \frac{(C_1 + C_2)^2}{k^2} + \frac{C_1}{km} \right)^3;$$

$$q = \left(\frac{2(C_1 + C_2)^2}{k^2} - \frac{(C_1 + C_2) \cdot C_1}{3k^2 m} + \frac{C_1 \cdot C_2}{km} \right)^2.$$

Полная картина устойчивости получается при построении областей динамической устойчивости виброизолирующей системы. Такие области могут быть построены в плоскости двух параметров в виде семейства кривых для различных значений третьего параметра с помощью метода, рассмотренного в [3].

Построим области динамической устойчивости виброизолирующих опор. Исследования полученного вида корней характеристического уравнения позволяют сделать вывод, что наибольшее влияние на значения $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ оказывают четыре параметра: коэффициенты жесткости газовой составляющей C_1 и гидравлической составляющей C_2 виброизолирующей опоры; масса колеблющейся части опоры и коэффициент динамической вязкости рабочей жидкости. Рассмотрим влияние этих параметров на динамическую устойчивость виброизолирующих опор.

Так как из формул (2) следует, что:

$$\lambda_1 = -2\operatorname{Re} \lambda_2 = -2\operatorname{Re} \lambda_3,$$

то для определения областей динамической устойчивости ПВО достаточно решить одно из уравнений: $\lambda_1 = 0, \operatorname{Re} \lambda_2 = 0, \operatorname{Re} \lambda_3 = 0$.

Решим уравнение $\lambda_1 = 0$. После алгебраических преобразований получим:

$$\frac{2(C_1 + C_2)^2}{k^2} - \frac{(C_1 + C_2) \cdot C_1}{3k^2 m} + \frac{C_1 \cdot C_2}{km} = 0. \quad (3)$$

Так как коэффициент демпфирования является одним из основных параметров виброзащитной системы, то заменим коэффициент динамической вязкости k в уравнении (2) на коэффициент демпфирования a по формуле:

$$a = \frac{k}{\sqrt{C_2 m}}. \quad (4)$$

Получим:

$$6(C_1 + C_2)^2 \cdot m^{\frac{3}{2}} - (C_1 + C_2) \cdot C_1 \cdot m^{\frac{1}{2}} + 3aC_1 \cdot C_2^{\frac{1}{2}} = 0. \quad (5)$$

Разрешая полученное уравнение относительно коэффициента демпфирования a , получим:

$$a_{кр} = \frac{(C_1 + C_2) \cdot C_1 \cdot m^{\frac{1}{2}} - 6(C_1 + C_2)^2 \cdot m^{\frac{3}{2}}}{3aC_1 \cdot C_2^{\frac{1}{2}}}. \quad (6)$$

Области устойчивости для коэффициента демпфирования (6), изображенные на рисунке 1, могут быть использованы для выбора основных параметров виброизолирующих опор.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОР**

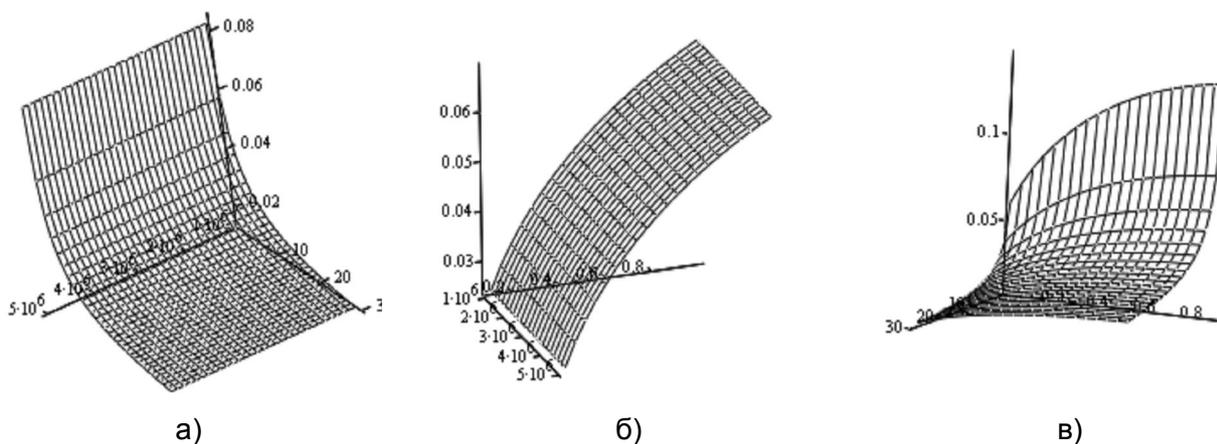


Рисунок 1 – Области устойчивости для коэффициента демпфирования виброизолирующих опор: а) при $m=0,5$ кг; б) при $C_2=18,32$ Н/м; в) при $C_1=2,5 \cdot 10^6$ Н/м

При решении уравнения (5) относительно $m^{\frac{1}{2}}$ по формулам Кардано получим три корня: вещественный и два комплексно-сопряженных. Для вещественного корня:

$$m^{\frac{1}{2}} = \left[-\frac{d}{2} + \left(\left(\frac{b}{3} \right)^3 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} + \left[-\frac{d}{2} - \left(\left(\frac{b}{3} \right)^3 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}},$$

где

$$b = -\frac{(C_1 + C_2) \cdot C_1}{6(C_1 + C_2)^2}, \quad d = \frac{a \cdot C_1 C_2^{\frac{1}{2}}}{2(C_1 + C_2)^2}. \quad (7)$$

Следовательно:

$$m_{кр} = \left[\left(-\frac{d}{2} + \left(\left(\frac{b}{3} \right)^3 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{d}{2} - \left(\left(\frac{b}{3} \right)^3 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^2, \quad (8)$$

Области устойчивости для массы колеблющейся части опоры, построенные по формуле (8), показаны на рисунке 2.

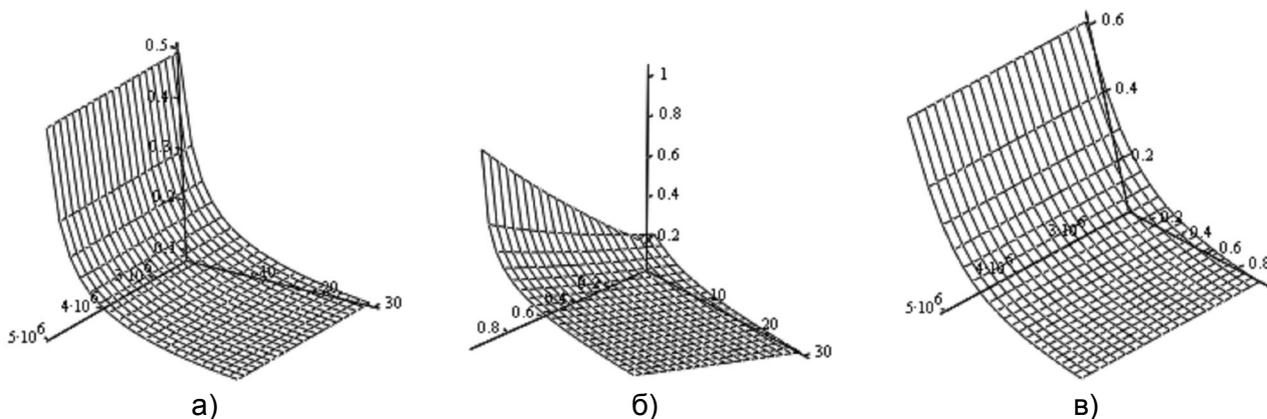


Рисунок 2 – Области устойчивости для массы колеблющейся части виброизолирующих опор: а) при $a=0,12$; б) при $C_1=2,5 \cdot 10^6$ Н/м; в) при $C_2=18,32$ Н/м

Разрешая уравнение (5) относительно коэффициента жесткости газовой составляющей опоры C_1 , получим два действительных корня:

$$C_{1кр} = \frac{C_2 m^{\frac{1}{2}} (1 - 12m) - 3a C_2^{\frac{1}{2}} \pm \left[\left(12C_2 m^{\frac{3}{2}} - C_2 m^{\frac{1}{2}} + 3a C_2^{\frac{1}{2}} \right)^2 - 24C_2^2 m^2 (6m - 1) \right]^{0.5}}{2m^{\frac{1}{2}} (3m - 1)}. \quad (9)$$

Исходя из физического смысла значения C_1 в формуле (9) необходимо выбрать знак «+».

Итак,

$$C_{1кр} = \frac{C_2 m^{\frac{1}{2}} (1 - 12m) - 3a C_2^{\frac{1}{2}} + \left[\left(12C_2 m^{\frac{3}{2}} - C_2 m^{\frac{1}{2}} + 3a C_2^{\frac{1}{2}} \right)^2 - 24C_2^2 m^2 (6m - 1) \right]^{\frac{1}{2}}}{2m^{1/2} (3m - 1)}. \quad (10)$$

Области устойчивости для коэффициента жесткости газовой составляющей опоры C_1 , построенные по формуле (10), показаны на рисунке 3.

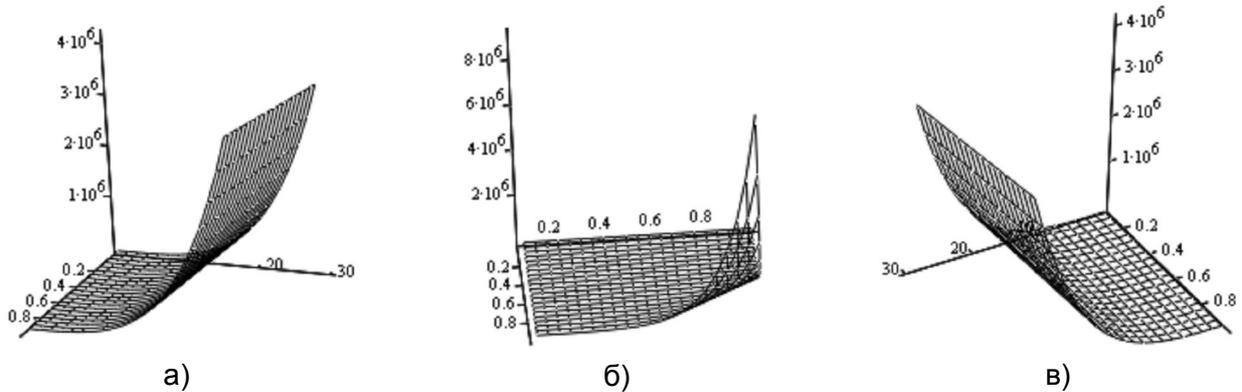


Рисунок 3 – Области устойчивости для коэффициента жесткости газовой составляющей виброизолирующих опор: а) при $m=0,5$ кг; б) при $C_2=18,32$ Н/м; в) при $a=0,12$

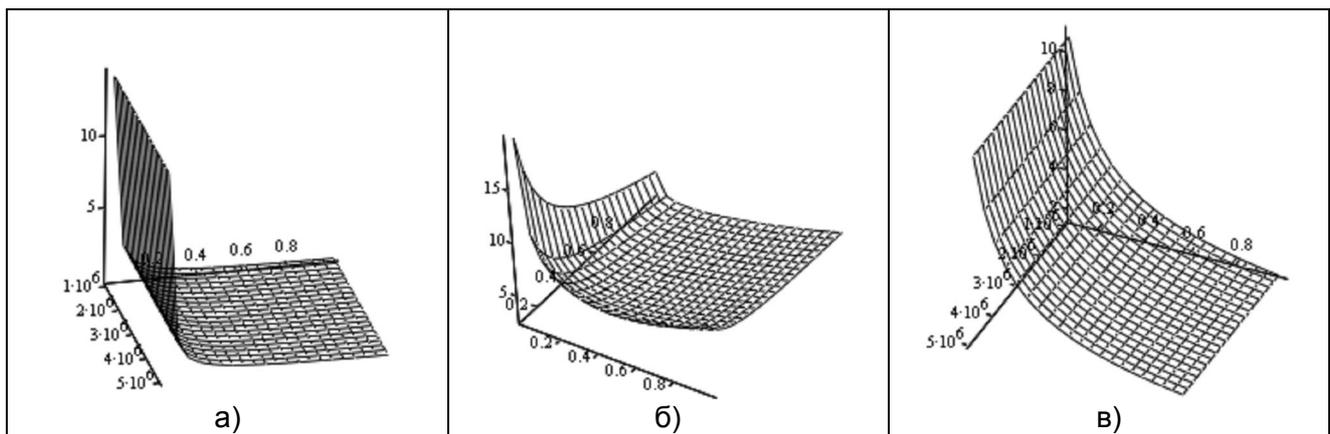


Рисунок 4 – Области устойчивости для коэффициента жесткости гидравлической составляющей виброизолирующих опор а) при $m=0,5$ кг; б) при $C_1=2,5 \cdot 10^6$ Н/м; в) при $C_2=18,32$ Н/м

При решении уравнения (5) относительно коэффициента жесткости гидравлической составляющей опоры C_2 , получим один вещественный корень:

$$C_{2кр} = \left\{ \left[-\frac{e}{2} + \left(\frac{f^3}{27} + \frac{e^2}{4} \right)^{1/2} \right]^{1/3} + \left[-\frac{e}{2} - \left(\frac{f^3}{27} + \frac{e^2}{4} \right)^{1/2} \right]^{1/3} \right\}^2, \quad (11)$$

где $e = 3aC_1 + 6C_1^2 m^{\frac{1}{2}} (6m - 1)$, $f = C_1 m^{\frac{1}{2}} (12m - 1)$.

Области устойчивости для коэффициента жесткости гидравлической составляющей опоры C_2 , построенные по формуле (11), показаны на рисунке 4.

Таким образом, построенные по формулам (6), (8), (10) и (11) области динамической устойчивости виброизолирующих опор определяют их устойчивое положение при определенных значениях основных параметров и используются для выбора и оптимизации этих параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Вибрации в технике:** в 6 т. / под ред. К.В. Фролова. - М.: Машиностроение, 1981. - т. 6. - 454 с.
- 2 **Глушков, С.П.** Виброизолирующие гидравлические опоры нового поколения / С.П. Глушков, П.А. Фомичев, Е.В. Фомичева. - Новосибирск: НГАВТ, 2005. - 190 с.
- 3 **Воронов, А.А.** Основы теории автоматического управления / А.А. Воронов. - М.-Л.: Энергия, 1965. - 506с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АГРЕГАТОВ САЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗЦОВ

В.П. Пушнин

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В результате испытаний в одинаковых условиях агрегатов дизельной сажи и частиц, полученных из материалов с известной плотностью, определены плотности агрегатов вторичных и третичных структур сажи дизельного топлива и моторного ДМ.

Агрегаты дизельной сажи могут быть вторичными и третичными структурами. Наиболее сложной является задача определения плотности агрегатов вторичных структур сажи, имеющих диаметр несколько микрометров. В основу решения задачи была заложена идея «видна частица по полету». Для ее реализации использовалось распыливающее-осаждающее устройство, принцип действия которого рассмотрен в статье [1]. Однако испытания, описанные в указанном источнике, проводились с агрегатами третичных структур сажи размером десятки-сотни микрометров. При этом уже для размерной фракции 63-50 мкм практически не было временной разницы в осаждении агрегатов сажи дизельного топлива и моторного ДМ.

Для исследований с более мелкими частицами была уменьшена до 155 мм высота от выходного конца разгонной трубки до препаратификсатора. При этом разгоняющий поток воздуха также распространялся на 100-110 мм, и, следовательно, ни одна частица не могла осесть вместе с потоком воздуха. Частицы получали кинетическую энергию, за счет которой крупные из них оседали в короткий интервал времени. Для исключения их из рассмотрения по пятую секунду частицы сбрасывались. После растративания полученной энергии начиналось свободное падение частиц. Чем частица меньше, тем больше влияние свободного падения.

После сбрасывания крупных частиц остальные последовательно осаждались на шести

препаратофиксаторах, при этом периоды осаждения на них составляли:

- на первом с пятой по десятую секунду;
- на втором с десятой по двадцатую секунду;
- на третьем с двадцатой по сороковую секунду;
- на четвертом с сороковой по восьмидесятую секунду;
- на пятом с восьмидесятой по шестидесятую секунду;
- на шестом со шестидесятой по трехсотдвадцатую секунду.

Время перехода на последующий препаратофиксатор составляло 0,4 с, и не вносило большой погрешности. Для повышения точности экспериментов осаждение на каждом препаратофиксаторе производилось 5 раз.

Подготовленные препараты исследовались под микроскопом сравнения МС-51 в проходящем свете при увеличении $\times 800$. Предельная разрешающая способность установленного объектива составляла 0,45 мкм. Оценка размеров частиц производилась при помощи объект-микрометра с ценой деления 10 мкм.

Результаты испытаний, выполненных с сажей выпускных газов судового дизеля, отобранной с помощью мультициклона представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Распределение агрегатов вторичных структур сажи

Топливо	Номер препарата-фиксатора	Количество частиц, % по фракциям с диаметром, мкм					
		3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12,5
Дизельное	1	–	–	–	8	27	65
	2	–	–	–	19	42	39
	3	–	–	2	23	47	28
	4	–	–	7	58	31	4
	5	–	5	33	43	19	–
	6	3	15	23	39	20	–
Моторное ДМ	1	–	–	–	29	47	24
	2	–	16	18	39	17	10
	3	–	23	35	30	9	3
	4	13	31	29	23	4	–
	5	21	33	22	21	3	–
	6	78	14	4	4	–	–

Анализ данных таблицы 1 показывает, что при выбранном расстоянии выходного конца трубки до препаратофиксатора наблюдается уменьшение размера частиц с переходом на каждый последующий препаратофиксатор. Это означает, что использование кинетической энергии полученной агрегатами вторичных структур сажи обоих топлив преобладает над свободным падением. Осаждение в один и тот же временной период более крупных частиц сажи дизельного топлива, наблюдающееся на всех препаратофиксаторах свидетельствует, что кинетическая энергия, полученная агрегатами сажи моторного топлива ДМ больше, чем полученная агрегатами сажи дизельного топлива. Следовательно, плотность агрегатов вторичных структур сажи моторного топлива ДМ выше.

За условный диаметр частицы (таблица 2) принят минимальный диаметр окружности, в которую может быть вписана ее проекция.

В соответствии с данными таблицы 2 для агрегатов третичных структур сажи обоих топлив, осажденных на четвертом, пятом и шестом препаратофиксаторах не видно существенной разницы в распределении. В то же время для этих препаратофиксаторов заметно различие в распределении между сажей двух топлив. Следовательно, в этом случае борются тенденции использования кинетической энергии полученной агрегатами третичных структур сажи и свободного падения. Осаждение в один и тот же временной период более крупных

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АГРЕГАТОВ САЖИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗЦОВ**

частиц сажи дизельного топлива, наблюдающееся на всех препаратификсаторах свидетельствует, что плотность агрегатов третичных структур сажи дизельного топлива ниже.

Таблица 2 – Распределение агрегатов третичных структур сажи

Топливо	Номер препарата-фиксатора	Количество частиц, % по фракциям с условным диаметром, мкм							
		10-12,5	12,5-16	16-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-60
Дизельное	1	–	–	–	10	13	20	20	37
	2	–	–	8	18	18	23	13	20
	3	–	–	16	18	13	29	13	11
	4	–	18	18	23	18	15	8	–
	5	–	20	29	22	16	8	5	–
	6	–	21	37	26	8	8	–	–
Моторное ДМ	1	–	20	20	23	14	14	9	–
	2	6	19	30	20	13	12	–	–
	3	13	17	20	37	9	4	–	–
	4	44	13	9	17	17	–	–	–
	5	43	27	9	12	9	–	–	–
	6	37	26	20	11	6	–	–	–

Сопоставление между собой данных таблицы 1 и таблицы 2 показывает, что оседающие в один и тот же временной период агрегаты третичных структур сажи крупнее, а значит они менее плотные.

Исследования с сажой топлив показали, что агрегаты вторичных структур сажи заметно более плотные, чем ее же агрегаты третичных структур. Для приблизительной количественной оценки в этих же условиях осаждались частицы, полученные из материалов с известной плотностью. Результаты испытаний с частицами древесного угля плотностью 390 кг/м³ и каменного угля плотностью 1460 кг/м³ приведены в таблице 3.

При выборке осевших на препаратификсаторе частиц угля учитывались частицы внешне похожие на агрегаты третичных структур сажи.

Как видно из таблицы 3 для частиц каменного угля использование полученной кинетической энергии преобладает над свободным падением, как это наблюдалось с агрегатами вторичных структур сажи. Для менее плотных частиц древесного угля в некоторой степени влияет и свободное падение. Осаждение в один и тот же временной период более крупных частиц древесного угля, наблюдающееся на всех препаратификсаторах свидетельствует, что их плотность ниже, чем частиц каменного угля. Таким образом, закономерности для агрегатов сажи и частиц из обоих углей аналогичны, и последние могут использоваться в качестве образцов при решении задачи определения плотности агрегатов сажи.

Поскольку частицы различного происхождения сильно отличаются по плотности, то при решении задач, связанных с сопоставлением плотности далее, в том числе в таблице 4 и на рисунке 1, рассматриваются распределения на препаратификсаторах номер 1, где влияние свободного падения менее существенно.

Для решения задачи определения плотности агрегатов сажи строится зависимость, представленная на рисунке.

За приведенный диаметр агрегата (или частицы из угля) принимается такой диаметр, при котором соответствующая ему площадь круга равна площади проекции рассматриваемого агрегата (частицы). Для перехода от условного диаметра к приведенному диаметру был использован переходный коэффициент 0,55. Это усредненный коэффициент, полученный при анализе различных по форме проекции агрегатов третичных структур сажи. Для агрегатов вторичных структур дизельной сажи, проекция которых всегда представляет круг, приведения не требуется.

Таблица 3 – Распределение частиц из угля

Частицы угля	Номер препарата фиксатора	Количество частиц, % по фракциям с условным диаметром, мкм				
		4-5	5-6	6-8	8-10	10-12,5
Древесного	1	–	–	–	–	7
	2	–	–	–	–	10
	3	–	–	–	19	28
	4	–	–	–	23	37
	5	–	–	–	14	47
	6	–	–	15	33	36
Каменного	1	–	–	–	10	15
	2	–	–	–	11	20
	3	–	–	6	23	25
	4	–	–	12	28	49
	5	3	3	15	22	42
	6	14	11	38	17	15
		12,5–16	16–20	20–25	25–30	30–40
Древесного	1	17	38	17	11	10
	2	25	41	15	9	–
	3	27	17	9	–	–
	4	28	12	–	–	–
	5	24	15	–	–	–
	6	8	8	–	–	–
Каменного	1	16	28	23	8	–
	2	21	26	17	5	–
	3	32	9	5	–	–
	4	8	3	–	–	–
	5	12	3	–	–	–
	6	5	–	–	–	–

Таблица 4 – Средние арифметические условные диаметры частиц на препаратафиксаторах номер 1

Материал частиц	Средние арифметические условные диаметры частиц, мкм
Агрегаты вторичных структур сажи дизельного топлива	10,30
Агрегаты вторичных структур сажи моторного топлива ДМ	8,96
Агрегаты третичных структур сажи дизельного топлива	42,18
Агрегаты третичных структур сажи моторного топлива ДМ	24,43
Частицы из древесного угля	20,37
Частицы из каменного угля	17,22

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АГРЕГАТОВ САЖИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗЦОВ**

При построении зависимости приняты две отдельные линейные функции для агрегатов вторичных и третичных структур сажи. Агрегаты вторичных структур сажи и частицы, полученные из углей (образцы) имеют плотность, при которой на осаждение в большей степени влияет полученная кинетическая энергия. Вычисленные плотности составили для агрегатов вторичных структур сажи дизельного топлива 940 кг/м^3 , а моторного топлива ДМ – 1780 кг/м^3 .

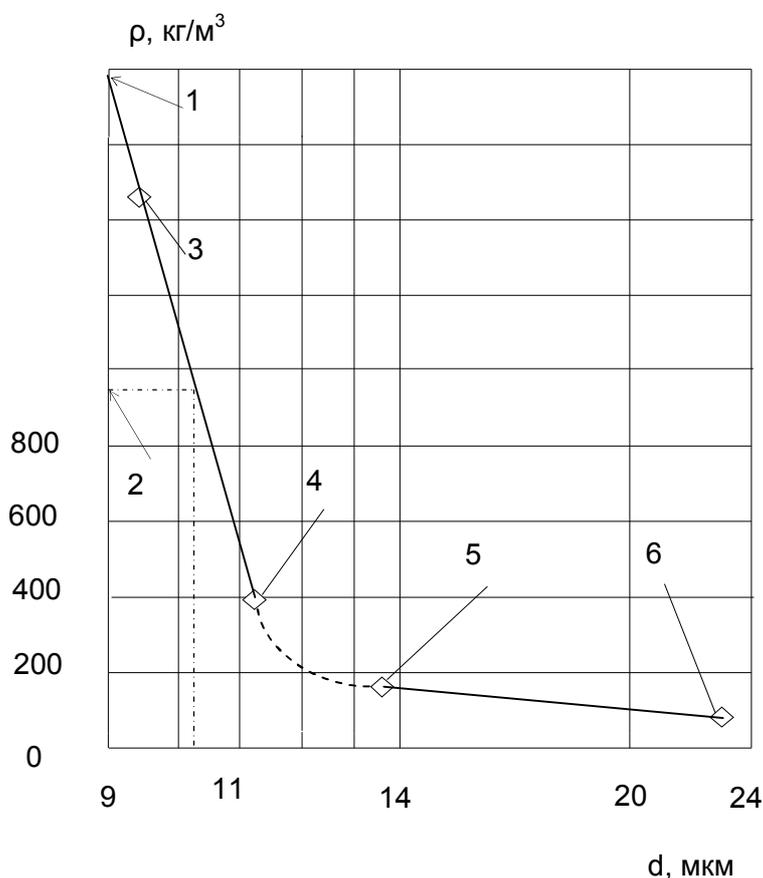


Рисунок – Зависимости плотности частиц от среднего приведенного диаметра: 1, 2-агрегаты вторичных структур сажи топлив моторного ДМ и дизельного; 3,4-частицы из каменного и древесного угля; 5,6-агрегаты третичных структур сажи моторного ДМ и дизельного

При осаждении агрегатов третичных структур сажи значительно влияние свободного падения. В этом случае частицы, полученные из углей, не могут быть образцами при испытаниях с применением распыливающе-осаждающего устройства. Они были использованы как образцы при переходе от насыпной плотности агрегатов третичных структур сажи рассматриваемых топлив (была известна) к плотности. Переходный коэффициент, осредненный по каменному и древесному углям составил 1,5. При умножении на него насыпных плотностей получены плотность агрегатов третичных структур сажи дизельного топлива 84 кг/м^3 , а моторного топлива ДМ – 162 кг/м^3 .

Соответствие действительности принятых положений и точность экспериментов подтверждаются возможностью проведения плавной монотонной переходной кривой между двумя линейными функциями (показана штриховой линией). Физический смысл кривой заключается в постепенном убывании влияния полученной кинетической энергии и возрастание роли свободного падения.

Отношение плотности агрегатов вторичных структур сажи моторного топлива ДМ и дизельного топлива составило 1,89, а отношение насыпной плотности их агрегатов третичных

Пушнин В.П.

структур равно 1,93. Следовательно, различие всего 2%. Это свидетельствует о достаточно высокой точности выполненных исследований, а также позволяет сделать следующие важные выводы:

- минеральные элементы топлива вошли уже в первичную частицу;
- агрегаты вторичных структур дизельной сажи это некоторые значительно выросшие первичные частицы;
- агрегаты третичных структур дизельной сажи состоят из первичных частиц, объединенных сначала во вторичные, а затем третичные образования, промежутки между которыми заполнены газообразной средой, никаких включений, которые могли бы заметно повлиять на плотность, они не несут.

Приведенные данные позволяют определить плотность агрегатов вторичных структур дизельной сажи, а значит и ее первичных частиц умножением насыпной плотности на коэффициент 16,48-16,79. Первое значение получено по саже моторного топлива ДМ, а второе по саже дизельного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Пушнин, В.П.** Агрегаты сажи и их эрозионность // Дизельные энергетические установки речных судов. Сб. научн. тр. / Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2003.-ч. 1. -С. 42-49.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

В.Г. Егоров

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Приведены сравнительные результаты исследований влияния на качество измерений погодных условий. Рассматривались три различные погодные ситуации – ясная спокойная погода, пасмурная ветреная погода, резкие изменения атмосферного давления в течение рабочего дня. Исследования показали, что наиболее неблагоприятным является третий вариант, который особенно сказывается на качестве измерений, выполняемых операторами старшего возраста.

Целью настоящих исследований являлось определение влияния некоторых атмосферных процессов на качество выполняемых измерительных операций. Для осуществления поставленной задачи к выполнению измерительных операций были привлечены по три группы квалифицированных, опытных операторов-измерителей разных возрастных категорий. Первая возрастная группа была представлена молодыми людьми в возрасте от 18 до 22 лет с неоконченным высшим образованием. Вторая возрастная группа состояла из специалистов с высшим образованием в возрасте от 35 до 45 лет. Третья возрастная группа включала в себя специалистов с высшим образованием в возрасте от 55 до 65 лет. Количество операторов-измерителей в группе составляло от шести до десяти человек. Общее число групп составило девять – по три в каждой возрастной категории. Измерения проводились в специализированной лаборатории технических измерений на отдельных рабочих местах. Выполнялись измерения наружных, внутренних и ступенчатых размеров деталей. Измерения всех видов размеров выполнялись разными средствами измерений: штангенинструментами, микрометрическими инструментами и пружинными измерительными головками.

В ходе исследований регистрировалось появление ошибочных результатов измерений из-за неверного отсчёта размера оператором-измерителем. Все исследования были проведены при трёх различных вариантах погодных условий:

- ясная спокойная погода;
- пасмурная ветреная погода (густая низкая облачность, ветер до 20...30 м/с);

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

– резкие изменения атмосферного давления в течение суток (подъем, падение, подъем или падение, подъем, падение в диапазоне 735...770 мм рт.ст.).

Результаты измерений были обработаны по методике многократного измерения с использованием составного критерия согласия.

При выполнении измерений в ясную спокойную погоду процент появления ошибочных результатов измерений во всех возрастных группах находился в пределах 0,2...0,4% от общего числа измерений, то есть максимум одна ошибка на 250 измерений.

При выполнении тех же измерений теми же операторами в пасмурную ветреную погоду процент ошибочных результатов незначительно возрастал в возрастных группах от 18 до 22 лет и от 35 до 45 лет, доходя до 0,5%. В возрастной группе от 55 до 65 лет возрастание несколько больше – до 0,8%.

Самыми неблагоприятными метеоусловиями оказались резкие изменения атмосферного давления, что практически не сказывается на результатах измерений, полученных молодыми людьми. В возрастной группе от 18 до 22 лет ошибочные результаты измерений не превысили 0,5%. В возрастной группе от 35 до 45 лет процент ошибок возрос до 0,7%. Наибольшее влияние перепады атмосферного давления оказали на результаты измерений операторов-измерителей старшей возрастной группы, ошибочные результаты при которых достигли 2%.

Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы.

1 Метеоусловия в большей степени оказывают влияние на качество измерений, выполняемых операторами-измерителями старшего возраста, и в меньшей – операторами-измерителями молодого поколения.

2 Самыми неблагоприятными из рассмотренных вариантов погодных условий являются резкие изменения атмосферного давления, особенно в сочетании с пасмурной ветреной погодой.

Рекомендация. В случае неблагоприятных атмосферных условий к выполнению наиболее ответственных измерений следует привлекать операторов-измерителей молодого и среднего возраста.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ОПЫТ РЕМОНТА СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА. НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

А.И. Бекетов, Л.К. Арабьян, А.О. Токарев, Р.В. Исаенко

Земснаряды используют для выполнения дноуглубительных работ; расширения, углубления и спрямления водных путей; намыва плотин и дамб, рытья котлованов и возведения насыпей; добычи полезных ископаемых и минеральных строительных материалов из подводных карьеров; создания ирригационных и мелиоративных каналов; устройства и ремонта водоемов в рыбном хозяйстве; разработки траншей, прокладки кабелей, газо- и нефтепроводов. Объем вынутого грунта только на внутренних водных путях составляет при этом сотни миллионов кубометров.

Особенностью многочерпаковых снарядов является универсальность, которая позволяет успешно использовать их в разнообразных грунтовых условиях при различных способах транспортирования вынутого грунта. Изнашивание деталей рабочих устройств дноуглубительных снарядов происходит вследствие механического и молекулярного воздействий при трении и ударах («бомбардировке») поверхностей частицами грунта, располагающими значительными импульсами энергии [1]. Особенности изнашивания деталей земснарядов ПЧС 450 изучались при работе этих машин на Верхнетомском карьере [2]. Схемы изнашивания элементов многочерпакового земснаряда, подверженных наиболее интенсивному изнашиванию представлены на рисунке 1. Наиболее интенсивный износ во время эксплуатации

получают черпаки, пальцы, грани и реборды барабанов черпаковой цепи.

Изнашивание нежёсткозакреплёнными абразивными частицами происходит вследствие перемещения поверхности черпаков сквозь массу абразивных частиц.

При соударении черпаков с крупными фрагментами гравийной смеси, при работе на плотных грунтах имеет место трение о закреплённый абразив. В этом случае изнашивание поверхности происходит по механизму микрорезания частицами абразива.

Ударно-абразивное изнашивание происходит вследствие внедрения абразивных частиц в рабочую поверхность деталей. Этот вид изнашивания имеет место при врезании режущих кромок ковшей в разрабатываемую поверхность, а также при попадании частиц абразива между поверхностями граней черпакового барабана и опорными поверхностями черпаков, что невозможно исключить.

Изнашивание абразивными частицами в потоке жидкости зависит от угла атаки абразивной струи. Механизм изнашивания рабочих поверхностей деталей изменяется от прямого динамического внедрения абразивных частиц до процесса микрорезания.

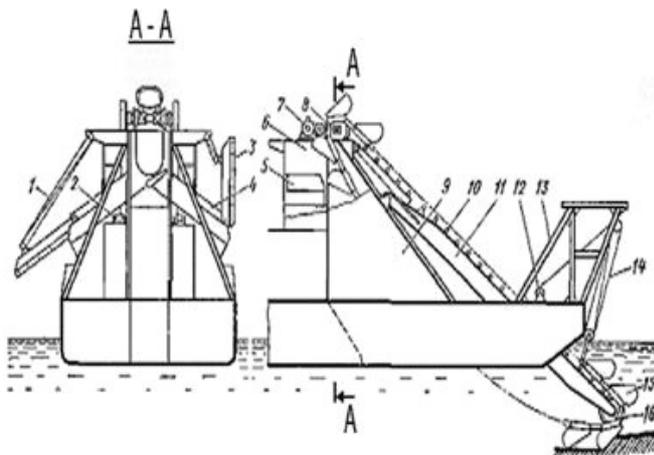
В случае трения при малых относительных перемещениях в шарнирных узлах черпаковой цепи и черпаковой рамы, подшипниках, муфтах и других подобных парах имеет место изнашивание соприкасающихся тел вследствие двух одновременно протекающих процессов: схватывания и окисления. Относительные перемещения сопрягаемых элементов происходят при вибрации механизмов, а также при расчётных упругих деформациях в процессе работы машины в штатном режиме эксплуатации. Результатом этого взаимного смещения является изнашивание, которое носит название фреттинг-коррозии. Схватывание – местное соединение контактирующих поверхностей – наблюдается даже при невысоких нагрузках. Упрощённая схема процесса фреттинг-изнашивания включает стадию перемещения и деформации сопряженных поверхностей, коррозию, разрушение оксидных и других поверхностных плёнок, обнажение чистого металла и местное схватывание, последующее разрушение очагов схватывания и адсорбцию кислорода на обнаженных участках. Разрушение поверхностей при фреттинг-коррозии проявляется в виде раковин и вырывов, заполненных продуктами коррозии, на одной из трущихся деталей и натиров, налипаний на другой.

Из приведённой на рисунке 1 схемы следует, что одним из наиболее нагруженных элементов земснаряда являются черпаки, которые бывают весьма разнообразными по форме и конструктивному исполнению. В черпаках изнашиваются проушины черпаков (особенно передние), режущая кромка, износостойкая облицовка опорных поверхностей.

Наиболее сильному износу подвержены боковые поверхности козырька. Именно этими участками режущих кромок происходит срезание песчано-гравийной смеси при папильонировании земснаряда. К концу навигации режущие кромки козырьков получают износ от 20 до 40 мм. Меняется форма режущей кромки: она притупляется, наполовину уменьшается высота ее клиновидного участка. В результате увеличивается сила резания, возрастает натяжение цепи и, следовательно, нагрузка на все ее звенья, снижается производительность работы машины. Износ проушин может происходить по механизму фреттинга (упругие микросмещения слоёв сопряженных поверхностей под нагрузкой), быть результатом попадания абразива между поверхностями проушин и вкладышами, а также следствием воздействия нормальных циклических усилий, передаваемых от пальцев через вкладыш.

В черпаковых барабанах наиболее интенсивному износу подвергаются грани и реборды. Верхние черпаковые барабаны обычно имеют четыре – пять граней. Они могут быть цельными или состоять из двух частей. Для нормальной работы черпаковой цепи весьма важно, чтобы после ремонта размер граней барабана соответствовал размерам элементов цепи и был увязан с конструктивными особенностями земснаряда. Износ пальцев, проушин черпаков и граней тягового барабана приводит к нарушению шага цепи. Это усугубляет воздействие нагрузок на опорные поверхности каретки черпака [2].

**ОПЫТ РЕМОНТА СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА.
НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**



- 1,14 – полиспаст, 2 – лоткоподъемная лебедка, 3 – подвижная часть лотка, 4 – неподвижная часть лотка, 5 – грунтовой клапан, 6 – грунтовой колодец, 7 – редуктор, 8 – приводной верхний барабан, 9 – черпаковая башня, 10 – направляющие ролики, 11 – черпаковая рама, 12 – рамоподъемная лебедка, 13 – рамоподъемная башня, 15 – черпак, 16 – направляющий нижний барабан

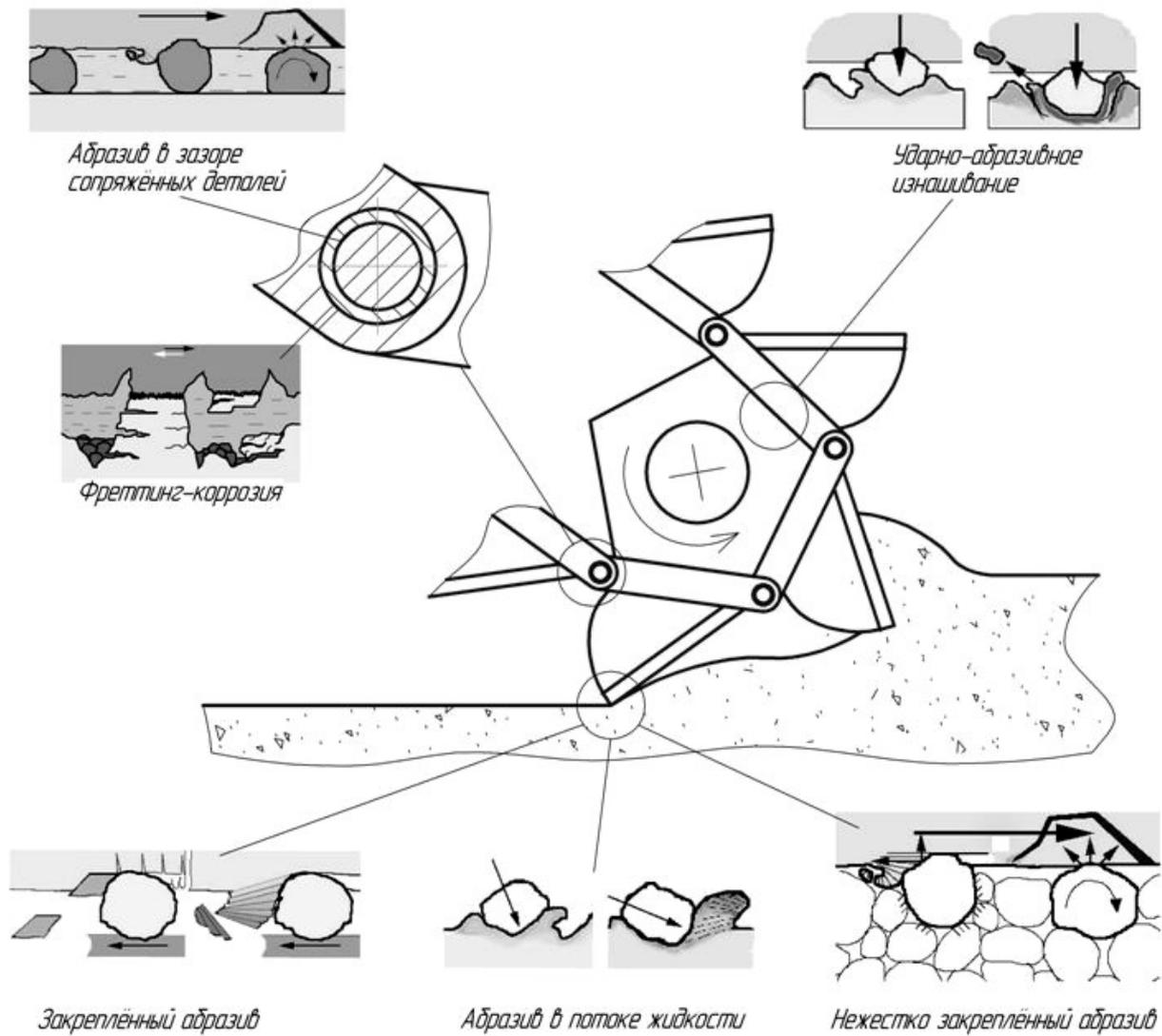


Рисунок 1 – Виды изнашивания наиболее нагруженных элементов плавучего многочерпакового земснаряда

Требования к структуре износостойких поверхностей определяются условиями их эксплуатации. Для поверхностей деталей, работающих в сопряжении с другими деталями, такими, как проушины черпаков, опорные поверхности полозков и днища каретки важным условием является трещиностойкость. Этим требованиям удовлетворяет высокомарганцевая износостойкая сталь с аустенитной структурой марки 110Г13. С учётом требований к высокому качеству поверхностей сопрягаемых с другими деталями машины весьма эффективной проявила себя технология упрочнения нагруженных поверхностей биметаллической облицовкой. Биметаллические пластины были получены сваркой взрывом износостойкой стали 110Г13 со сталь Ст.3, обладающей хорошей свариваемостью [1-5].

Изношенные режущие кромки черпаков земснарядов так же, как и многие другие, интенсивно изнашиваемые за навигацию детали судов технического флота и средств портовой механизации в межнавигационный период, восстанавливают наплавочно-сварочными технологиями. Применение наплавки позволяет восстанавливать крупногабаритные детали на рабочем месте, избавляет от необходимости их транспортировки.

Наиболее распространённые сплавы, применяемые для наплавки, приведены в таблице. Наплавку производят электродуговым методом с подогревом и без, с применением угольного и расходного чугунного электродов, а также наплавкой под слоем флюса с использованием электродной ленты со структурой ковкого чугуна. Применяется также газопламенная наплавка.

В соответствии с данными таблицы износостойкость наплавочных материалов обеспечивается, главным образом, упрочнением твёрдыми карбидными фазами, а сами, применяемые в судоремонте износостойкие сплавы, являются, по сути, чугунами.

Износостойкий, так называемый отбеленный чугун, имеет в составе структуры карбидную эвтектику - ледебурит и избыточные фазы - первичные карбиды (заэвтектический чугун) или дендритную перлитную фазу, полученную из аустенита (доэвтектический чугун). Такая структура получается при ускоренном (более 100 °С/мин.) охлаждении обычного доменного чугуна. При охлаждении с меньшей скоростью эвтектика кристаллизуется с образованием графита. На скорость охлаждения оказывает влияние масса и размеры наплавляемых изделий. При наплавке покрытий на тонкостенные изделия (с толщиной стенок 6-8 мм) нелегированным чугуном методом электродуговой наплавки удаётся достичь твёрдости HRC 38-40. При увеличении массы изделия и, следовательно, повышении скорости теплоотвода от кристаллизующейся сварочной ванны твёрдость повышается до HRC 50-52. Однако увеличение скорости охлаждения вызывает повышение термических и структурных напряжений в сварочном шве, что приводит к образованию горячих и холодных трещин. Во избежание образования трещин рекомендуется производить наплавку после предварительного подогрева деталей до 600-700 °С. Это, в свою очередь, уменьшает скорость охлаждения и снижает твёрдость наплавленного слоя. Однако для тяжёлых крупногабаритных деталей, таких как черпаки и ковши земснарядов, челюсти грейферов, замки автосцепных устройств и др. такая рекомендация неприемлема.

Нелегированные и низколегированные, с содержанием легирующих элементов до 3-5% (I – группа) чугуны применяются для упрочнения грубых по конструкции массивных деталей, а также для деталей менее ответственного назначения, в которых образование трещин в наплавленном слое не приведёт к аварийной ситуации. Это детали, работающие в условиях абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками при умеренных температурах: бункеры, транспортёрные, землеройные и землесосные машины, дорожно-транспортное оборудование, перья шнеков, молотки камнедробилок, лопатки дымососов, броня шаровых мельниц, улитки и рабочие колёса землесосов, тrefы чугунных валков прокатных станов.

Критическая для отбеливания чугуна скорость охлаждения может быть уменьшена путём введения легирующих добавок. Для наплавки более ответственных и тонкостенных деталей, таких как: детали дробильно-размольного и бункерного оборудования, шнеки и лопасти глиномесов, детали кирпичных прессов и бульдозерные отвалы, лемехи и отвалы плугов, лапы культиваторов применяются среднелегированные сплавы с содержанием легирующих элементов 14-16% (II группа). Наплавка производится под слоем флюса, а также

путём оплавления порошковой шихты угольным электродом.

Для деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания с ударными нагрузками - ножи грейдеров и бульдозеров, лемехи и лапы культиваторов, детали землесосов, футеровка шаровых мельниц, а также для деталей, работающих при повышенных температурах (до 300-400 °С) - лопатки тягодутьевых машин, клапаны и конусы доменных печей, лопатки и броня дымососов, применяются высоколегированные наплавочные сплавы (III группа). Наплавка производится сплошным прутком, а также автоматизировано порошковой проволокой, в среде углекислого газа, а также под слоем флюса. В условиях ремонтно-эксплуатационных баз флота используются обмазанные и трубчатые присадочные прутки для газопламенной наплавки.

Таким образом, при ремонте судов технического флота значительное место среди износостойких наплавочных материалов занимают сплавы, износостойкость которых обеспечивается за счёт наличия в структуре твёрдых фаз химических соединений: карбидов и боридов.

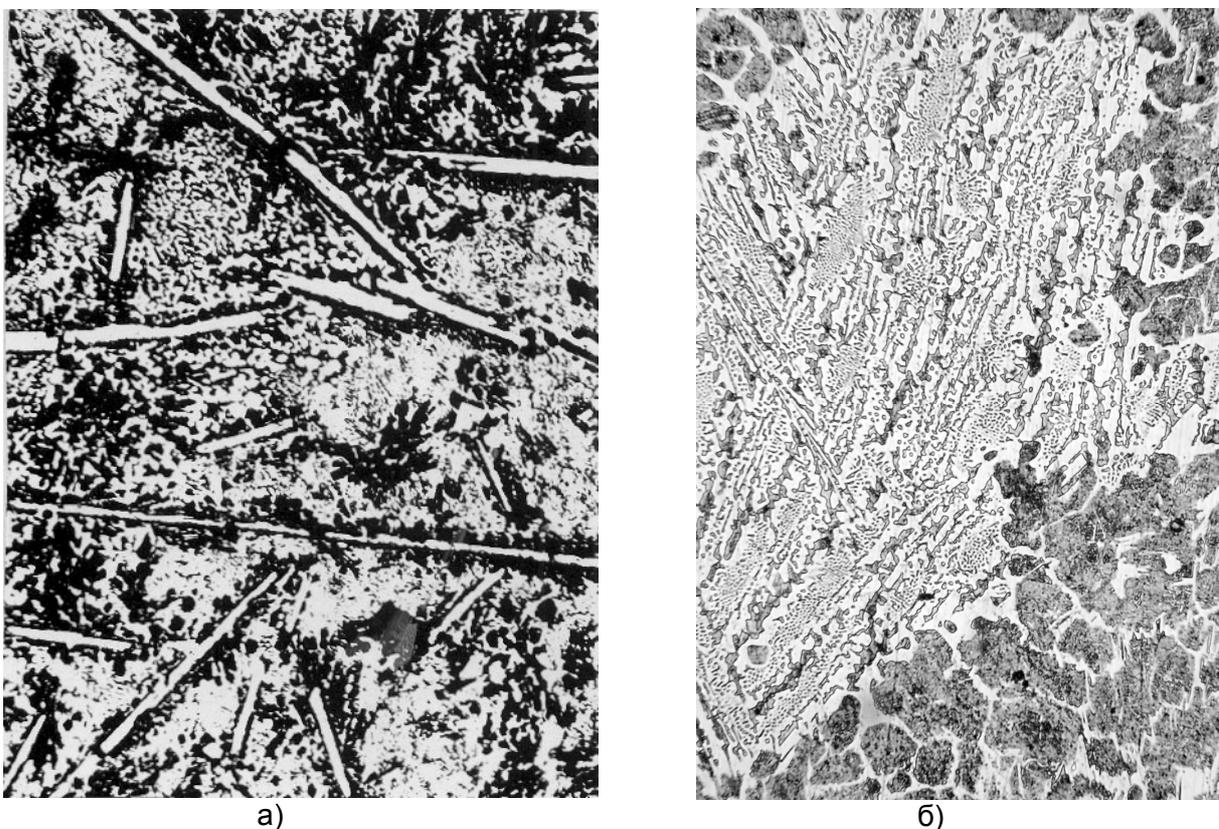


Рисунок 2 – Микроструктура износостойких наплавов $\times 200$: а) первичные карбиды и ледебурит – сплав 80X20P3T (самозащитная порошковая проволока ПП-АН170); б) ледебурит и троостит – доменный чугун после термоциклической обработки

Наплавку проводят в два этапа. Вначале восстанавливается форма и размеры изношенных элементов. Для восстановления формы режущих кромок на козырёк ковша привариваются арматурные стержни с использованием в качестве электрода малоуглеродистой сварочной проволоки. Затем для придания необходимой твёрдости поверхность режущих кромок и покрывается наплавкой износостойкими электродами типа 122АН/ЛИВТ, 13КН/ЛИВТ, ЦН-350, Т-590, Т620, ОЗН400 и др. (рисунок 2а). Делается это с целью экономии дорогостоящих наплавочных износостойких материалов и снижения трудоёмкости работ. Оптимальным условием наплавки износостойких сплавов является наплавка в два слоя. При наплавке в один слой сказывается разбавляющее действие основного металла – малоуглеродистой стали. При наплавке в три и более слоев велика вероятность отколов выкра-

шивания покрытия, особенно при работе с ударами. Существующая технология, однако, не обеспечивает достаточной для одной навигации долговечности восстановленных поверхностей, а трудоёмкость и стоимость работ остаётся, несмотря на принятые для экономии материалов меры, достаточно высокой.

Наплавляемый слой должен обеспечивать требуемые механические свойства и способ его нанесения должен быть простым в исполнении. Кроме того, при выборе материала покрытия следует учитывать его стоимость. Поэтому на практике есть необходимость в покрытие с требуемыми свойствами из недорогих материалов.

Для решения вопроса качественной ремонтно-восстановительной наплавки дешевого нелегированного чугуна на углеродистую сталь в данной работе исследовали структуру и свойства присадочных прутков из доменного чугуна, подвергнутого термоциклической обработке по технологии В.К. Афанасьева [6].

Наплавку производили в среде аргона неплавящимся вольфрамовым электродом диаметром 5 мм. Швы наплавленного чугуна укладывали в нижнем положении валиками, длиной по 40 мм, с промежуточным подстуживанием. Напряжение дуги составляло 32-34 В, сила тока 140-160 А, расход аргона – 10-12 л/мин., при давлении 1,5 кгс/см², длина дуги – 6 мм. Валики наплавленного металла имели толщину 3-4 мм. Присадочный пруток окунали в сварочную ванну. Основой служила углеродистая сталь У8.

Полученная в результате наплавки структура представлена на рисунок 2б.

На рисунке 3 показан график изменения микротвёрдости по сечению образца с наплавленным слоем отбеленного чугуна. Вблизи от зоны сплавления структура наплавленного покрытия вследствие ускоренного теплоотвода в основной металл получает ледебуритную структуру. В средней части и на поверхности структура покрытия представляет собой перлит-сорбитный каркас с ледебуритной эвтектикой по границам дендритных ячеек.

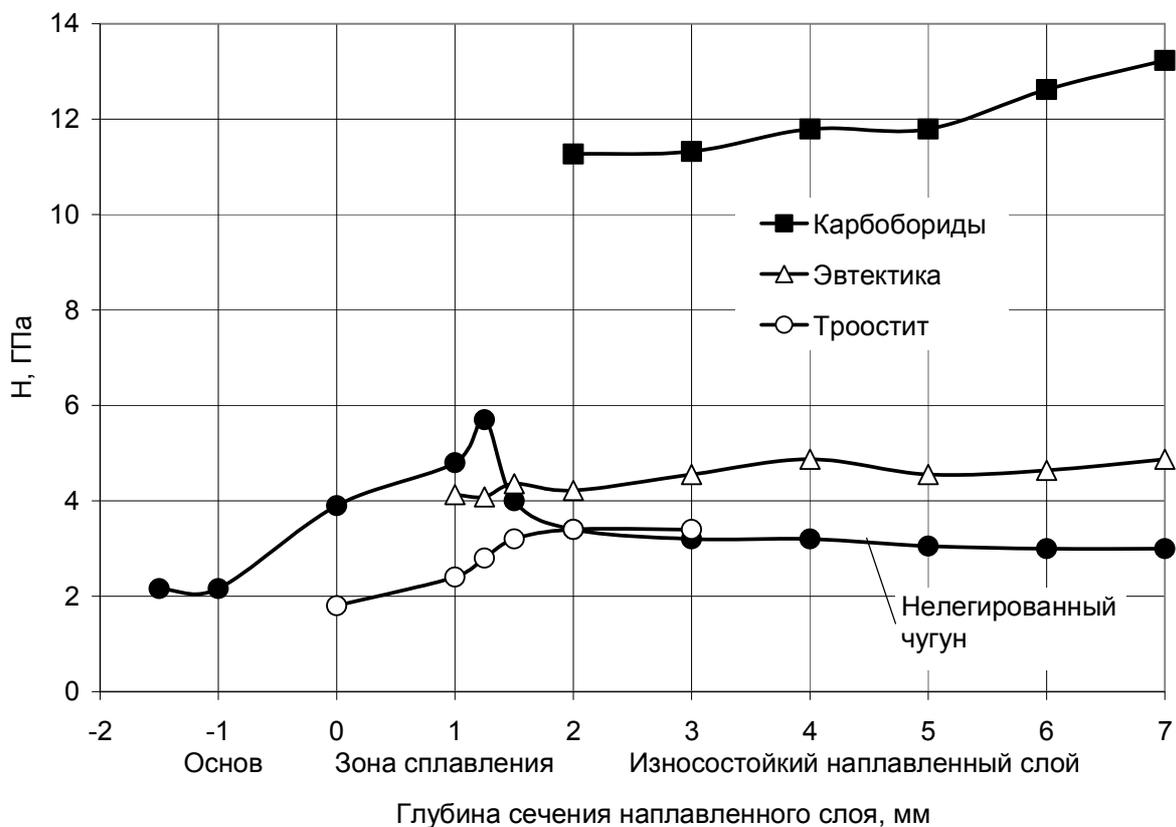


Рисунок 3 – Твёрдость поперечного сечения износостойкой наплавки из нелегированного чугуна и твёрдость структурных составляющих наплавки высоколегированного сплава 80X20P3T

Исследование структуры и свойств поверхностей, упрочнённых методами износостойкой наплавки электродами из доменного чугуна, обработанного термоциклическим воздействием по качеству сопоставимы с покрытиями, полученными порошковой проволокой ПП-АН-170. С вероятностью возникновения трещин и в том и в другом случае приходится мириться, поскольку их распространение ограничивается пределами наплавки. Выкрашивание фрагментов наплавленного слоя не приводит к полному выходу деталей из строя.

Наплавленные нелегированным термоциклированным чугуном покрытия пригодны для упрочнения поверхности деталей, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания без подвижного сопряжения с другими частями машин. Для ремонта таких элементов средств портовой механизации и судов технического флота, как режущие кромки черпаков земснарядов, челюсти грейферов, зубья ковшей экскаваторов и земснарядов и т.п. такая технология приемлема и вполне себя оправдывает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Токарев, А.О.** Упрочнение деталей машин износостойкими покрытиями [Текст] / Новосибирск: НГАВТ, 2000. - 188 с.

2 **Арабьян, Л.К.** Особенности износа и восстановления черпаков земснарядов ПЧС-450 [Текст]: / Л.К. Арабьян, А.И. Бекетов, А.О. Токарев, Е.Г. Тихонов // Сб. науч. трудов НИИВТа. 1987. -С. 14-21.

3 **Арабьян, Л.К.** Износостойкие биметаллические облицовки [Текст]: / Л.К. Арабьян, А.И. Бекетов, А.О. Токарев и др. // Речной транспорт. №11. 1989. -С. 18-19.

4 **Арабьян, Л.К.**, Экспериментальное исследование технологии восстановления режущей кромки черпаков земснарядов [Текст]: / Л.К. Арабьян, А.И. Бекетов, В.В. Амосов, Н.И. Учкин, А.О. Токарев // Повышение эффективности ремонта судовой техники: сб. науч. трудов. НИИВТ. Новосибирск: 1993. – С. 16 – 19.

5 **Тушинский, Л.И.** Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий [Текст]: / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов, А.О. Токарев, В.И. Синдеев // -М.: Мир, 2004. -384 с.: ил.

6 **Афанасьев, В.К.** Наплавочные сплавы. Учебное пособие. [Текст]: Афанасьев В.К., Смирнов А.Н., Токарев А.О. и др.// Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. -247 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Р.Ф. Пеньков, А.О. Токарев, И.С. Иванчик, С.В. Павлов

Современная система менеджмента качества для обеспечения надёжности судовой техники требует анализа причин аварийного разрушения и преждевременного изнашивания деталей судовых машин. В данной работе приведены результаты анализа причин выхода из строя деталей зубчатых зацеплений, накопленные Академией водного транспорта (ранее НИИВТ) в течение 1980-2007 годов. Следует заметить, что указанная база сбора статистического материала охватывает период интенсивной эксплуатации речного транспорта, обеспечивающего северный завоз и транспортировку нефтепродуктов.

Причины аварийного выхода детали машин из строя могут быть заложены ещё при проектировании механизма. На рисунке 1 на стадии конструирования в жизненном цикле продукции судового машиностроения показана шестерня редуктора, изготовленная из стали 45 с закалкой зубьев токами высокой частоты ТВЧ, разрушенная в месте ослабленного отвер-

стием сечения. Что касается вероятности разрушения деталей машин вследствие недостатков конструкции, то, как показывает статистическая обработка накопленных в течение двадцати семи лет данных, она по разным деталям машин составляет около 3% (таблица). Кроме того, как правило, недостатки конструкции усугубляются одновременным действием других неблагоприятных факторов: превышением срока допустимой эксплуатации, что в настоящее время имеет место на большинстве отечественных предприятий, превышением допустимых нагрузок, эксплуатацией в экстремальных условиях, нарушением правил технической эксплуатации и т.п.

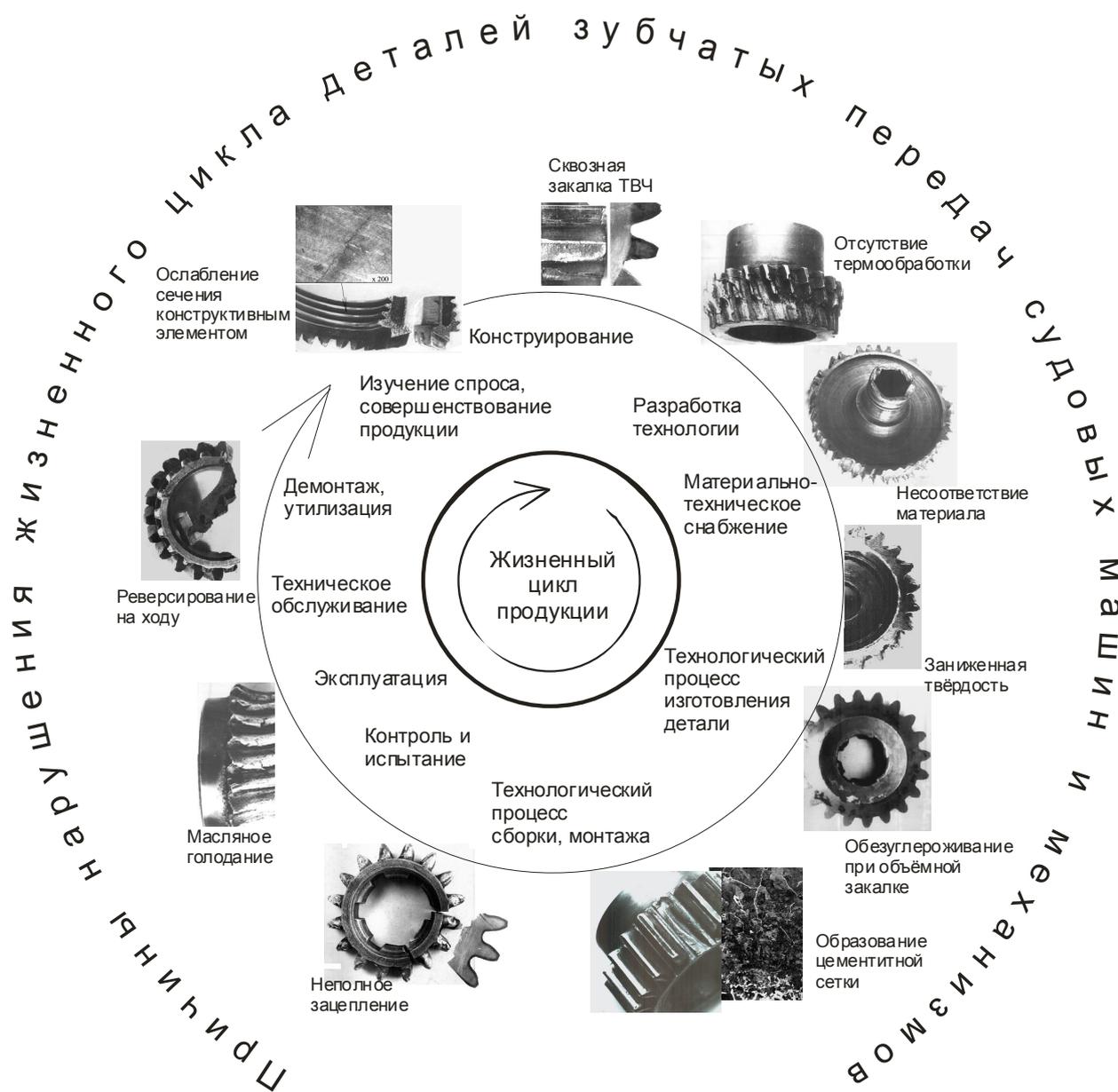


Рисунок 1 – Основные этапы жизненного цикла продукции и причины отказов деталей зубчатого соединения

Приблизительно такую же долю снижения надёжности продукции машиностроения, как показывает анализ оригинальной технологической документации, вносят ошибки при разработке технологии изготовления деталей машиностроения (см. таблицу). В частности, на рисунке 1 показана шестерня топливного насоса двигателя «Шкода», установленного на зем-

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ
СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

лесосе «1005». Разрушение зубьев произошло по причине их закалки токами высокой частоты на всю высоту. При закаливании корневой части зубьев зубчатых передач происходит снижение их вязкости и вследствие этого излом при последующей эксплуатации. Однако при правильно выбранных режимах закалки ТВЧ с прогревом зубьев до средней линии шестерня могла бы успешно работать.

Таблица – Соотношение причин аварий и преждевременного выхода из строя деталей зубчатых соединений

Причина аварии	%
Нарушение правил технической эксплуатации	21
Нарушение режимов термообработки	21
Некачественное, несвоевременное техническое обслуживание	16
Отсутствие упрочнения	12
Превышение сроков эксплуатации	10
Неверный выбор материала	8
Нарушение правил сборки, монтажа	5
Выбор неудачной технологии термообработки	4
Недостатки конструкции	3

Гораздо большую долю в вероятность отказов машин и механизмов при эксплуатации вносят нарушения технологической дисциплины при их изготовлении. Среди причин разрушения можно выделить:

– Несоответствие материала шестерни. На рисунке 1 в качестве иллюстрации нарушения материального снабжения технологического процесса показан пример шестерни привода компрессора, изготовленной из малоуглеродистой стали Ст.3 без какой либо упрочняющей обработки.

– Отсутствие термического упрочнения. Именно это послужило причиной разрушения зубьев показанной на рисунке 1 шестерни распределительного вала двигателя 3Д12.

– Заниженная твёрдость. Для шестерен это следствие неправильно выполненной объёмной закалки. Недостаточная твёрдость зубьев приводит к преждевременному их изнашиванию.

– Обезуглероживание поверхности при закалке с нагревом без использования защитной атмосферы печи.

– Цементитная сетка, созданная при химикотермической обработке.

Следует отметить, что указанные причины, связанные с низкой технологической дисциплиной, возникают не на заводах-изготовителях, а вносятся при планово-предупредительном ремонте, выполненном на мелких ремонтно-эксплуатационных базах, в ремонтных мастерских, а также в ходе аварийного восстановления механизмов.

Такие же ремонтные предприятия являются и виновниками нарушений правил сборки и монтажа механизмов и конструкций. Так при ремонте вертикально-фрезерного станка, выполняемый не специализированным ремонтным предприятием, а самими рабочими фрезерного участка, допущенный перекос вала механизма подачи, вызвал неполное зацепление шестерни, показанной на рисунке 1 и последующее выкрашивание её зубьев.

Серьёзным фактором снижения надёжности и долговечности механизмов – 16% являются разнообразные нарушения правил технической эксплуатации. На рисунке 1 показана червячная шестерня, изношенная при эксплуатации без своевременного пополнения и замены масла.

Частой причиной поломки реверсивных механизмов является их переключение «на ходу». Пример такого разрушения шестерни реверс-редуктора теплоходного дизеля показан на рисунке 1.

Нелишне иметь в виду при проектировании механизмов, конструкций, сооружений также

требования по их последующему демонтажу и утилизации.

Анализ причин снижения надёжности продукции машиностроения не является самоцелью. Он производится с целью предупреждения последующих аварий, для повышения качества продукции, обеспечения её конкурентоспособности. Конечная цель – технологическое развитие отрасли.

Преждевременное разрушение шестерен можно существенно снизить правильно выбирая материала и технологию их изготовления. В связи с этим необходимо отметить некоторые общие вопросы по требованиям к материалу шестерен, технологии их изготовления и поверхностного упрочнения.

Шестерни изготавливаются из сплавов различных материалов и неметаллических материалов, используя технологии литья, обработки пластическим деформированием, резания, термической и химико-термической обработки.

Венцы крупных зубчатых колёс отливают на центробежных машинах с вертикальной осью вращения. В серийном машиностроении шестерни изготавливают из сортового проката, используя зубофрезерные и зубодолбежные станки. В индивидуальном и мелкосерийном производстве, в том числе в судостроении и судоремонте, нарезание зубчатых колес производится модульными насадными фрезами на горизонтально фрезерных станках с использованием универсально-длительных головок.

В массовом производстве широко используется накатка зубьев шестерен с модулем от 1 до 10 мм валками накатниками комбинированным способом.

Нагретые токами высокой частоты ТВЧ до 1100-1200 °С заготовки деформируются зубчатыми валками-накатниками при осевой подаче пакета заготовок (рисунок 3а) или при радиальной подаче валков (рисунок 3б)

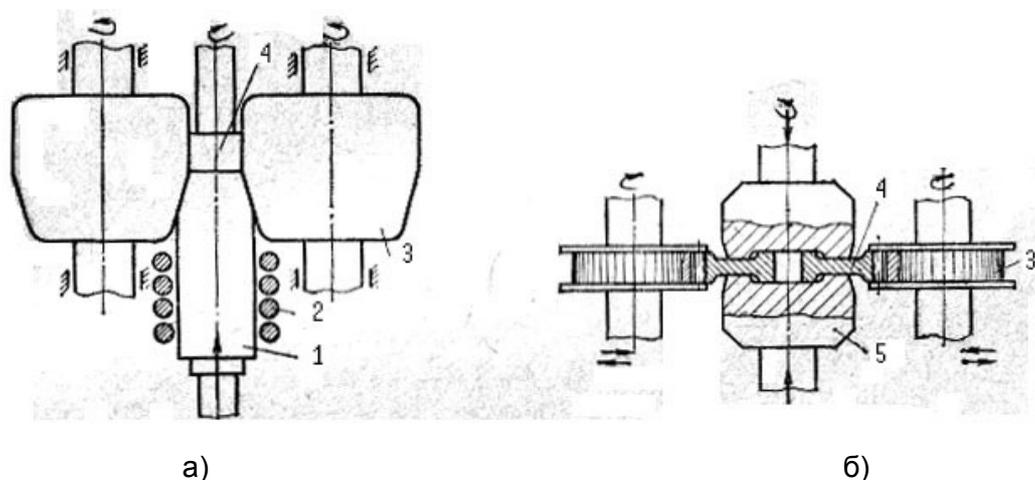


Рисунок 3 – Схема накатки зубьев шестерен зубчатыми валками: а) при осевой подаче пакета заготовок; б) при радиальной подаче валков

Обозначения: 1-заготовка, 2-индуктор ТВЧ, 3-валки зубчатые, 4-накатанная шестерня, 5-оправка

Изготовленные шестерни с припуском до 0,07 мм подвергаются калибровке в холодном состоянии. Такая технология обеспечивают высокую точность и чистоту поверхности, в сочетании с благоприятной макроструктурой волокнистого строения. Производительность при этом в 20 и более раз больше, чем при обработке резанием.

Весьма перспективна для изготовления шестерен технология порошковой металлургии, особенно в сочетании с элементами нанотехнологии. Уже сейчас по этой новейшей технологии изготавливаются порошки и суспензии, которые улучшают работу двигателя и зубчатых механизмов, служат для нанесения покрытий, повышающих износостойкость деталей. Президент РФ в последнем послании федеральному собранию (2007 г.) сравнил нанотехнологии по их значимости с атомным проектом XX века. На программу по их развитию будет вы-

делено 130 млрд. руб.

Зубья шестерен воспринимают ударные нагрузки особенно при наличии люфтов в шлицевых соединениях в период пуска и реверса зубчатого механизма, работают на сжатие и изгиб, подвергаясь износу и истиранию. Контактные поверхности зубьев испытывают, кроме того, наиболее опасные растягивающие напряжения. Поэтому к материалу поверхности и средней части зубьев шестерен предъявляются сложные противоречащие одно – другому требования. Сердцевина зубьев должна быть достаточно прочной и вязкой, т.е. способной длительное время воспринимать ударные нагрузки. Поверхностные слои, работающие на износ и истирание, должны иметь более высокую твердость, низкую шероховатость и внутренние (остаточные) напряжения сжатия главным образом II рода, чтобы уменьшать рабочие растягивающие напряжения и тем самым повысить предел выносливости шестерен. Такие напряжения создаются различными технологическими приёмами.

В судостроении и судоремонте высокооборотистые и средненагруженные шестерни обычно изготавливают из цементируемых сталей, содержащих не более 0,2% углерода. Это стали феррито-перлитного класса: 15X, 20X, 18ХГМ, 18ХГТ и для ответственных механизмов более вязкие и прочные, но более дорогие хромоникелевые стали типы 12ХНЗА, 12Х2Н4А, 18ХНВА, 20 ХН2М, 20ХГНТР. Зубчатые колёса из этих сталей после газовой цементации до оптимального содержания в слое 0,8-1,05% углерода, закаляют после подстуживания до температур несколько выше A_{c1} с последующим низким отпускком HRC 58-62.

При повышении содержания углерода в слое более 1,05% предел прочности при изгибе снижается на 10-15%, при кручении до 20%, ударная вязкость понижается на 15-20%, а предел выносливости на 20-30%.

Если требуется повышенная прочность сердцевины, например для тихоходных зубчатых колёс, их изготавливают из улучшаемых, обычно легированных сталей перлитного класса – 40X, 30ХГСА, 40Г2, 30ХГТ и др. После улучшения, обеспечивающего оптимальное сочетание прочности и вязкости сердцевины, шестерни подвергают поверхностной закалке ТВЧ с последующим низким отпуска на HRC₃ 58-62. Для исправления структуры с полученной при цементации карбидной сеткой применяется дополнительная полная закалка или нормализация. В закалённом поверхностном слое улучшается сопротивление усталостным повреждениям. Наличие остаточных напряжений сжатия в закалённом слое смещают пик растягивающих в подслоиную зону, снижая отрицательное влияние поверхностной концентрации напряжений, созданных при механической обработке, эксплуатации или при воздействии агрессивной внешней среды.

В настоящее время усилия учёных, конструкторов, технологов направлены на создание материалов и технологий, обеспечивающих надёжную работу зубчатых передач вплоть до полного исчерпания ресурса механизмов и машин. При этом, как показал анализ причин нарушения жизненного цикла продукции, немаловажным условием обеспечения надёжности судовой техники является технологическая дисциплина на производстве, соблюдение правил технической эксплуатации, профессиональная система планово-предупредительных ремонтов и сервисная служба.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПОРОШКОВ ОКСИДА БЕРИЛЛИЯ

С.А. Шахов

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Характерной особенностью спекания керамики из чистых оксидов является протекание процесса в твердой фазе. Данное обстоятельство обуславливает необходимость использования в технологическом процессе высокодисперсных порошков. К числу основных факторов, оказывающих активное влияние на спекаемость чистых оксидов, относятся дисперсность, структурное состояние и организа-

ция частиц порошков [1,2]. Формирование этих параметров происходит, в значительной степени, в процессе измельчения. В этой связи в рамках настоящей работы было проанализировано влияние технологических условий диспергирования на структурное состояние порошков.

В качестве объекта исследований в работе использовали, отличающиеся высокой твердостью (9,5 по Моосу), порошки оксида бериллия. Для получения порошков с разным структурным состоянием дисперсной фазы прошедший высокотемпературный обжиг оксид бериллия измельчали в водной среде в вибромельнице ($\nu=25$ Гц, $A=2,5$ мм, соотношение М:Ш 1:6). Время измельчения варьировали от 5 до 20 ч. После измельчения порошки сушили, а затем дополнительно активировали в вибромельнице. Активирование проводили в воздушной среде. Состав и объем загрузки мельницы (М:Ш 1:5, шары из ВеО), длительность обработки – 4 ч соответствовали оптимальным условиям активирования [3]. Влияние механической активации оценивали по изменениям на трех уровнях: изменению размеров агрегатов частиц; изменению размеров кристаллитов, составляющих агрегат; и изменению размеров микроблоков, составляющих кристаллит.

Анализ процесса мокрого измельчения ВеО показывает, что при измельчении ВеО в водной среде с увеличением времени диспергирования происходит рост удельной поверхности порошка (рисунок 1). Однако в исследуемом диапазоне градиент прироста удельной поверхности минимизируется при обработке более 5 ч.

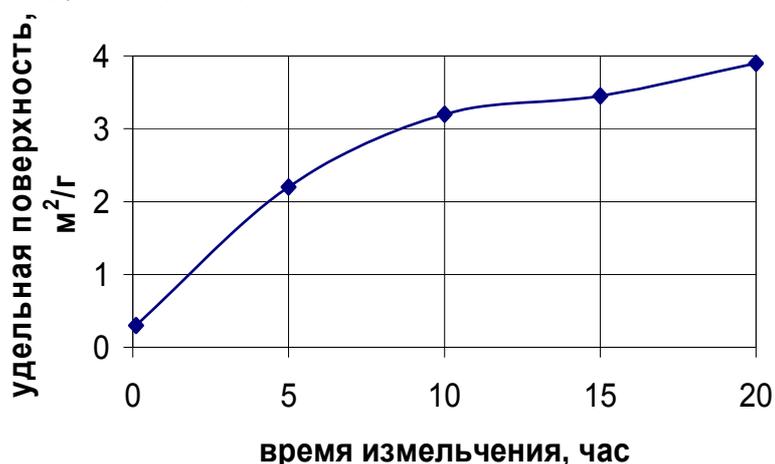


Рисунок 1 – Изменение удельной поверхности в процессе измельчения

Таблица 1 – Содержание мелкой фракции в порошках ВеО в зависимости от времени измельчения в воде

Обозначение образца	% частиц < 1,5 мкм	
	без ультразвуковой обработки	с ультразвуковой обработкой
ВМ-5	11,8	28,4
ВМ-10	2,7	68,0
ВМ-15	4,1	63,1
ВМ-20	1,2	73,1

Изучение распределения частиц порошка по размерам с помощью метода Коултера показало, что диспергирование в воде с увеличением длительности обработки приводит к росту количества частиц более крупного размера. При этом анализ кинетической кривой измельчения ВеО в водной среде (рисунок 2) показывает, что диспергирование в вибромельнице проходит в несколько стадий. Первая, нисходящая ветвь, характеризует процесс непосредственно диспергирования исходных частиц ВеО. Наклон ветви свидетельствует об интенсивности процесса. Направление хода второй ветви кинетической кривой имеет вос-

**СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
ПОРОШКОВ ОКСИДА БЕРИЛЛИЯ**

ходящий характер, и отражает рост доли крупной фракции. Наклон прямой также характеризует скорость данного процесса.

Сопоставление данных по гранулометрическому составу (таблица 1) и среднему размеру частиц до и после обработки ультразвуком (рисунок 2) позволяет сделать заключение, что рост размера частиц связан с достаточно интенсивным агрегированием порошка в процессе обработки в вибромельнице. Минимум кинетической кривой при переходе от первого прямолинейного участка ко второму соответствует состоянию системы с минимальным размером образующихся в процессе диспергирования агрегатов. Время достижения данного состояния может быть определено, как время диспергирования t_{\min}^{aep} . Соответственно время получения агрегатов максимального размера может быть определено как t_{\max}^{aep} . По данным электронной микроскопии образцы порошков BeO полученные при t_{\min}^{aep} (партия VM-5) и t_{\max}^{aep} (партия VM-20) представляют собой агрегаты мозаичных кристаллитов, образующихся, по-видимому, из-за развития процесса разрушения в области большеугловых границ зерен. Порошок, полученный при максимальной длительности обработки (VM-20), содержит в себе частицы округлой формы размером от 1 до 6 мкм или агрегаты размером до 40-50 мкм, сложенные из этих частиц и по своему зерновому составу несколько крупнее порошка (VM-5), обработанного в течение 4 ч. Зерна меньше 2 мкм у порошков как одной, так и другой партии, как правило, имеют округлую или шестигранную форму и прочно удерживаются на более крупных частицах, образуя агрегаты размером до 15-20 мкм.

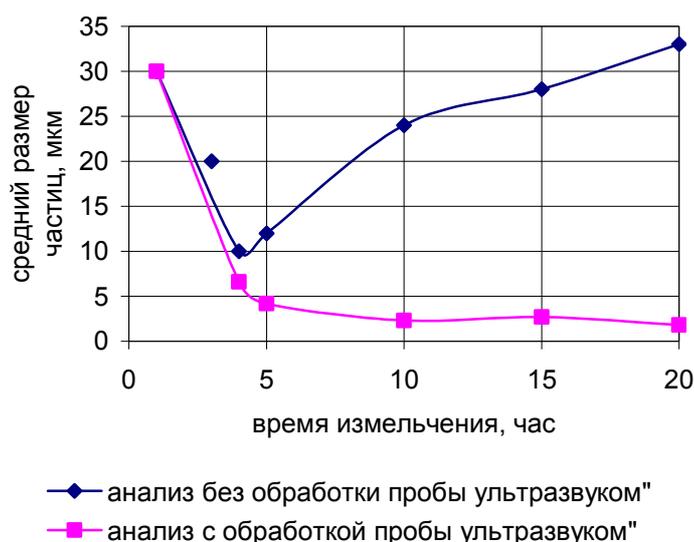


Рисунок 2 – Кинетика мокрого измельчения BeO

Анализ пористости порошков показал, что во всех пробах по размеру пор в порошке можно выделить две фракции: мелкие – размер (2,15-5,15) нм и крупные до 550 нм (рисунок 3). По-видимому, крупные поры образуются между агрегатами, а мелкие - внутри этих агрегатов.

Согласно полученным данным, при длительном диспергировании BeO свыше 10 ч. происходит относительно небольшое увеличение количества частиц размером менее 1,5 мкм. По данным [4] это может являться следствием их структурной однородности, что в свою очередь должно подтверждаться постоянством плотности порошка [5].

Для оценки степени однородности порошков BeO для партий VM-5, VM-20 были определены значения плотности ($\rho = 2,90-3,02$; $\sigma = 0,17-0,22$; $\sigma_m = 0,13$). Измерение проводили в пикнометрах, в среде толуола. Плотность, каждой пробы определялась не менее 5 раз. Как видно из результатов средняя дисперсия воспроизводимости статистически больше дисперсии средних значений плотности, что свидетельствует о постоянстве плотности в объеме

порошка. Следовательно, в процессе диспергирования BeO в режиме истирания порошок имеет структурнооднородные частицы.

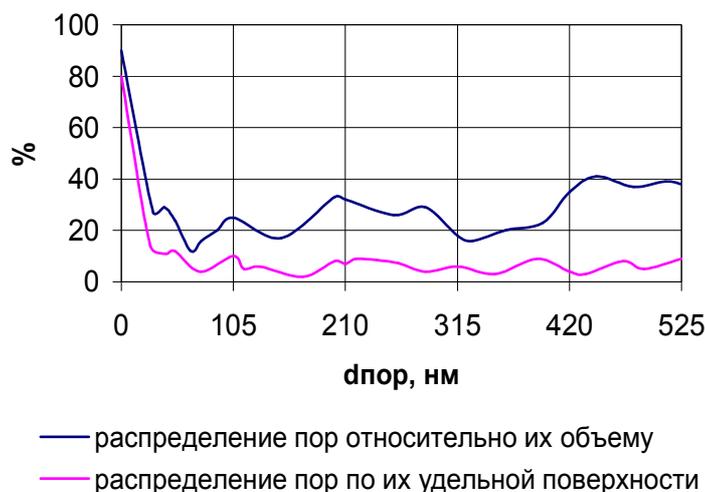


Рисунок 3 – Распределение пор по размеру

Вместе с тем исследования образцов методом рентгеноструктурного анализа показало, что при неизменном фазовом составе образцов с увеличением длительности диспергирования происходит уменьшение размера областей когерентного рассеяния (ОКР) в 1,5-2 раза. Следует отметить, что при продолжительности механоактивации в вибромельнице более 4 ч изменение размера ОКР (блоков мозаики) для обеих партий порошка становятся незначительными.

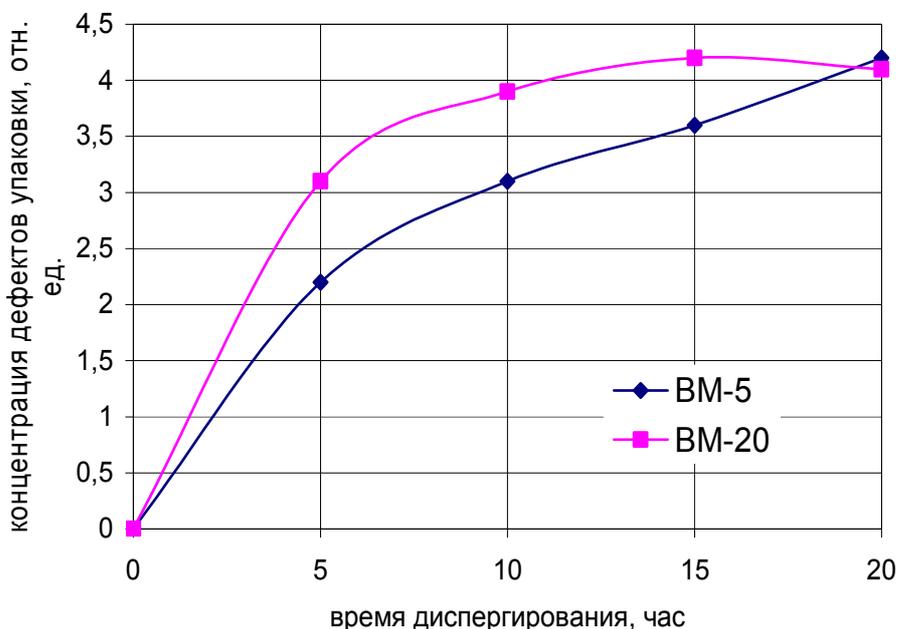


Рисунок 4 – Изменение концентрации дефектов при диспергировании

С увеличением длительности диспергирования происходит накопление дефектов в кристаллической решетке (рисунок 4 и 5). Однако, относительное изменение параметров кристаллической решетки за более длительное время измельчения меньше первоначальных. Поскольку известно, что в мелких частицах скорость образования дефектов ниже, чем в крупных и затраты энергии на создание дефектов структуры возрастают по мере уменьшения размера частиц [6], то вероятно, что с увеличением длительности механической обра-

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПОРОШКОВ ОКСИДА БЕРИЛЛИЯ

ботки BeO на конечный результат оказывает влияние эффект масштабного упрочнения частиц. Возможность такого характера изменения содержания дефектов в зависимости от дисперсности порошка подтверждают исследования кинетики термического разложения карбонатов редкоземельных металлов [7].

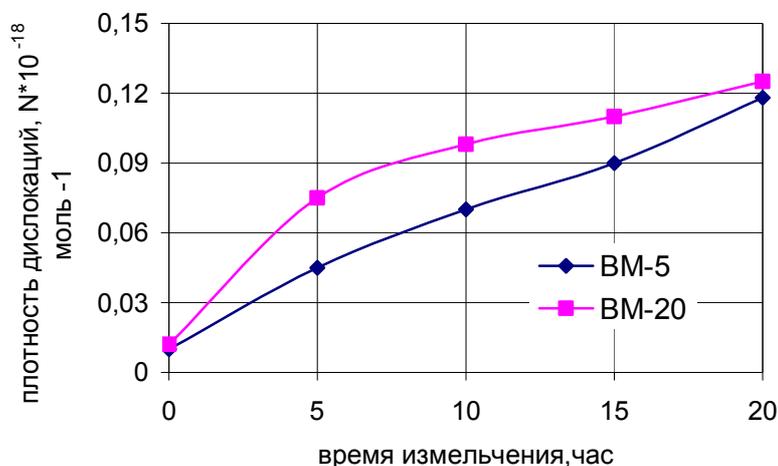


Рисунок 5 – Изменение плотности дислокаций в процессе диспергирования

В поликристаллических материалах основными источниками дислокаций служат как дефекты упаковки, так и субзерновые и межзерновые границы [8]. Анализ и сопоставление динамики изменения параметров концентрации дефектов упаковки (рисунок 4) и относительной плотности дислокаций (рисунок 5) позволил уточнить природу дислокационных нарушений.

Поскольку плотность дислокаций (ρ) повышается в течение всего процесса диспергирования независимо от концентрации дефектов (α), то источником дислокаций в BeO, вероятно, являются в первую очередь субзерновые и межзерновые границы.

Таким образом, сравнительный анализ характеристик порошков BeO показывает, что в результате диспергирования в активаторах средней энергонапряженности (вибромельницы) в порошке устойчиво образуются агрегаты, состоящие из частиц микронных размеров, имеющих блочную структуру. Варьирование длительностью диспергирования не приводит к существенным изменениям в структурном состоянии порошков: частицы порошка сохраняют блочную структуру, обладают относительно однородной структурой и разупорядочным приповерхностным слоем, размер блоков, уменьшается с ростом длительности механической обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Пивинский, Ю.Е.** Керамические вяжущие и керамобетоны [Текст]: / -М.: Металлургия, 1990. -272 с.
- 2 **Урьев, Н.Б.** Высококонцентрированные дисперсные системы [Текст]: / -М.: Химия, 1980. -320 с.
- 3 **Мацера, В.Е.** Измельчение порошков в планетарной центробежной мельнице [Текст]: / В.Е. Мацера, В.С. Пугин, А.Г. Добровольский и др. // Порошковая металлургия. 1973. -№26. -С.11.
- 4 **Морохов, И.Д.** Ультрадисперсные металлические среды [Текст]: / И.Д. Морохов, Л.И. Трусов, С.П. Чижик // -М., Атомиздат, 1977.
- 5 **Гегузин, Я.Е.** Физика спекания / -М.: Наука, 1967. -320 с.
- 6 **Молчанов, В.И.** Физические и химические свойства тонкодисперсных минералов [Текст]: / В.И. Молчанов, Т.С. Юсупов // -М.: Недра, 1981.

Шахов С.А.

7 **Редькина, Н.И.** Особенности термического разложения высокодисперсных карбонатов редкоземельных элементов [Текст]: / Н.И. Редькина, Н.Е. Харьков, Г.С. Ходаков // Докл. АН СССР 1982 г. т. 262, №4, -С.922.

8 **Масленникова, Г.И.** Керамические материалы [Текст]: / Г.И. Масленникова, Р.А. Мамаладзе, С. Мидзута и др.// -М., Стройиздат, 1991, -320 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ФОРМОВАНИЕ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ С ПОДПРЕССОВКОЙ

С.А. Шахов

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В настоящее время получение керамики из оксидов методом горячего литья крупногабаритных изделий и изделий толщиной более 8-10 мм сопряжено с появлением внутренних дефектов (раковин, пустот, напряжений). Образование такого рода дефектов обусловлено неэффективностью компенсации на существующем оборудовании объемных изменений, протекающих в шликере при охлаждении. Низкая эффективность формования свидетельствует, что современное оборудование по ряду признаков не отвечает в полной мере требованиям, выдвигаемым технологией литья и требует совершенствования.

Технологический цикл формования методом горячего литья, включающий стадии заполнения формообразующей полости и выдержки под давлением, предусматривает использование высококонцентрированных дисперсных систем, в которых в качестве дисперсной фазы используются временные термопластичные технологические связки сложного состава [1, 2]. Характерной особенностью литейных систем такого типа является изменение плотности шликера в процессе охлаждения, что выражается в уменьшении его объема — шликер дает усадку. В процессе горячего литья уменьшение объема шликера при отвердевании должно компенсироваться за счет миграции находящейся в расплавленном состоянии связки, в зону отвердевания [1]. Однако, в температурном интервале ниже 50 °С, где происходит основная часть объемных изменений, шликер находится в твердопластическом состоянии. В таком слое миграция жидкой фазы из-за соответствующих структуры и реологических свойств не происходит [3]. Поэтому становится очевидным, что в технологически важной (до 85% от полной усадки) зоне твердопластического состояния отливки должен быть задействован другой отличный от миграционного механизм.

Изучение деформационного поведения шликера в температурном интервале горячего литья и сравнительный анализ характеристик отливок, полученных при разных режимах отвердевания приведено в таблице, и позволяет заключить, что таким механизмом является пластическая деформация отвердевающего слоя шликера под действием градиента давлений, возникающего в формообразующем объеме литейной формы вследствие того, что давление в области жидкого шликера превышает давление в зоне отвердевания. При этом достаточно большое увеличение кажущейся и относительной плотности у отливок, сформованных под давлением (режим 2), по сравнению с отливками, полученными при отвердевании без приложения давления (режим 1), свидетельствует о существенности вклада привносимого с помощью этого механизма в компенсацию объемных изменений.

Таким образом, при горячем литье в процессе компенсации усадки задействованы миграционный и деформационный механизмы. Миграционный механизм начинает работать уже в начальный период формообразования отливки, когда шликер из рабочего бака поступает в формообразующую полость с температурой, которая выше температуры формы. В результате процесса теплопередачи от горячего шликера к холодной форме на стенках ее внутренней полости образуется охлажденный пристенный слой высоковязкого шликера, который не участвует в течение. Данный слой, облегающий стенки формы, омывается потоком

**ФОРМОВАНИЕ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО
ЛИТЬЯ С ПОДПРЕССОВКОЙ**

горячего шликера, заполняющим литьевую форму, и является относительно тонким. Поэтому толщина фронта отвердевания в этом слое минимальна, что на данной стадии процесса формообразования отливки позволяет компенсировать объемные изменения посредством миграционного механизма. При этом компенсация объемных изменений протекает достаточно эффективно, о чем свидетельствует отсутствие усадочных дефектов в поверхностных слоях отливок. После окончания заполнения по мере охлаждения шликера, размеры зоны твердопластичного состояния отливки возрастают. При условии наличия в формообразующей полости градиента давлений определенной величины, наряду с миграционным механизмом, действующем на границе жидкость-пластическая масса, в слое шликера, находящемся в пластическом состоянии (температура меньше 54 °С), начинает работать деформационный механизм компенсации усадки. Последний, предполагает пластическую деформацию этого слоя шликера и требует приложения соответствующего внешнего усилия для создания градиента давлений, по величине не меньшего, чем пластическая прочность (P_m) подвергаемого пластической деформации шликера. Однако практика показывает, что традиционная (через литник) схема создания градиента давления, вследствие сложности обеспечения в реальных условиях направленного охлаждения отливки, малоэффективна и требует высоких давлений, что приводит к усложнению оборудования в целом.

Таблица – Характеристики отливки при разных режимах формования (шликер на основе оксида бериллия и воско-парафиновой связки)

Содержание связки, масс. %	Кажущаяся плотность шликера при $T=74\text{ }^{\circ}\text{C}$, г/см ³		Кажущаяся плотность отливки, г/см ³		Относительная плотность отливок, %	
	Эксперимент	Расчет (для двухфазной системы)	Режим 1*	Режим 2**	Режим 1*	Режим 2**
11,2	2,28	2,44	2,30	2,39	94,3	98,0
9,5	2,36	2,48	2,34	2,37	94,4	95,6

*-после заполнения формообразующая полость отсекалась от шликерного бака и отвердевание отливки проходило без приложения внешнего давления; **-после заполнения проходила выдержка под давлением (6 кг/см²) создаваемым извне

С целью повышения качества изделий и устранения вышеуказанных ограничений был разработан способ горячего литья с подпрессовкой [4]. Сущность данного способа формования состоит в том, что шликером заполняется формообразующая полость, размер которой по толщине больше, чем требуемая толщина отливки. Окончательное оформление отливки осуществляется усилием, создаваемым прессовой частью машины и происходит, как правило, при направленном тепловом потоке. Применительно к вновь разработанному способу степень полноты компенсации усадки во многом будет зависеть от оптимальности конструктивного исполнения в литьевых устройствах узла подпрессовки. С учетом разнообразия форм и размеров керамических изделий эта задача должна решаться в первую очередь на уровне структуры устройства, его принципиальной схемы.

На рисунке 1 и 2 приведены конструктивная схема литьевого устройства для центробежного литья [5], работающего по вышеуказанному способу и алгоритм системного подхода, использованный при разработке принципиальной схемы этого устройства.

Наряду с принципиальной схемой при разработке устройств для литья с применением подпрессовки важное значение имеет выбор величины внешнего давления необходимого для эффективной компенсации усадки при формообразовании отливки. Необходимое значение данного параметра можно приближенно рассчитать, если сделать допущения что:

- потери давления за счет вязкого течения расплавленного шликера из рабочего бака литьевой установки в литьевую форму незначительны и в расчетах не учитываются.
- конструкция (система охлаждения) литьевой формы, конфигурация и размеры отливки обеспечивают направленное равномерное охлаждение шликера при отвердевании.

Для варианта центробежного варианта подпрессовки величина усилия необходимого для компенсации усадки может быть определена из выражения:

Шахов С.А.

$$P_{\text{центр}} = \frac{\rho_{\text{шп}}}{3g} \omega^2 \left(r_1^2 - \frac{r_2^2}{r_1} \right), \quad (1)$$

где $\rho_{\text{шп}}$ – плотность шликера;

ω – угловая скорость,

$$\omega = \pi n / 30;$$

r_1 – расстояние от центра вращения до внешней поверхности отливки;

r_2 – расстояние от центра вращения до внутренней поверхности отливки;

g – ускорение силы тяжести.

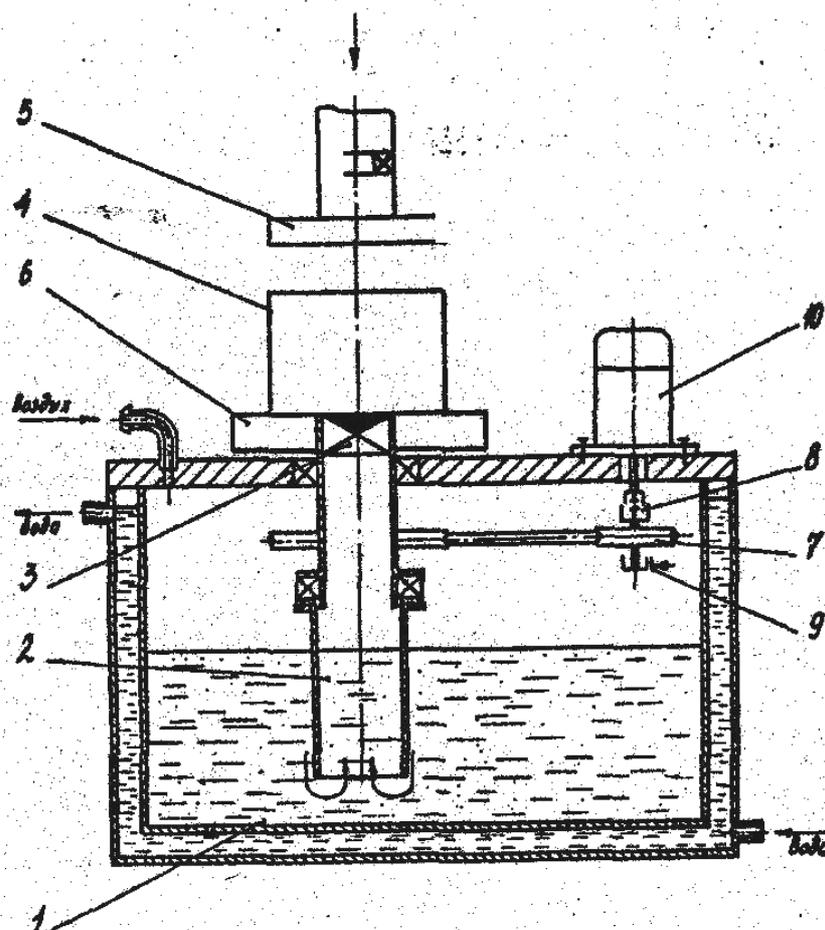


Рисунок 1 – Устройство для центробежного литья с подпрессовкой

Обозначения: 1-шликерный бак; 2-шликер; 3-питатель; 4-форма; 5-упор; 6-рабочий стол; 7...10-привод

С условием принятых допущений условие равновесия сил при компенсации усадки при центробежном литье по аналогии с прессованием может быть выражено уравнением:

$$p \cdot S_{\phi} = P_m^{\text{сол}} \cdot S_{\text{сол}}^{\text{max}}, \quad (2)$$

где p – удельное давление на зеркало шликера;

S_{ϕ} – площадь радиальной поверхности формы;

$P_m^{\text{сол}}$ – пластическая прочность шликера при температуре 40 °С (температуре «солидуса» критической зоны отвердевания);

$S_{\text{сол}}^{\text{max}}$ – максимальная площадь поверхности «солидуса» критической зоны отвердевания.

При условии правильной организации (направленного) охлаждения с незначительным

**ФОРМОВАНИЕ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО
ЛИТЬЯ С ПОДПРЕССОВКОЙ**

допущением можно принять:

$$S_{\text{сол}}^{\text{max}} = S_{\text{ф}} = S_{\text{и}},$$

где $S_{\text{и}}$ – площадь формообразующей поверхности изделия.

Поэтому

$$\rho = P_m^{\text{сол}}. \quad (3)$$

С учетом (3) минимальное количество оборотов необходимое для эффективной компенсации усадки из уравнения (1) может быть определено как:

$$n = 9,55 \sqrt{3g \frac{P_m^{\text{сол}}}{\rho_{\text{шп}} \left(r_1^2 - \frac{r_2^3}{r_1} \right)}}. \quad (4)$$



Рисунок 2 – Алгоритм разработки принципиальной схемы

Рассмотренная схема литьевого устройства с центробежной подпрессовкой была апробирована и реализована на предприятиях ОАО «УМЗ», ОАО «Керамика», ОАО «НЭВЗ» при получении керамических изделий из оксида и нитрида алюминия, оксида бериллия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Грибовский, П.О. Керамические твердые схемы [Текст]: / -М.: Энергии, 1971. -448 с.
- 2 Добровольский, А.Г. Шликерное литье [Текст]: / -М.: Metallургия, 1977. -240 с.
- 3 Шахов, С.А. Влияние ультразвуковой обработки на свойства термопластичных шли-

керов при отливке изделий из высокотеплопроводной керамики [Текст]: / С.А. Шахов, Г.Д. Бицоев // Труды международного симпозиума посвященного 100-летию академика Сатпаева К.И. КазНТУ, ч.2. -Алма-Ата: 1999. -С. 453-457.

4 А.с. 1264475 СССР, МКИ В 28 В 1/26. Способ формования керамических изделий / Шахов С. А., Кулаев М.Х.- Приоритет 13.07.1984г.

5 А.с. 1752560 СССР, МКИ В 28 В 1/26. Способ литья керамических изделий преимущественно из шликера на термопластичной связке / Шахов С. А., Сосунов Ю.М., Гуркин А.В.- Приоритет 02.01.90г.

6 Дитрих, Я. Проектирование и конструирование. Системный подход [Текст]: / -М.: Мир, 1981. -456 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ОЦЕНКА ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ

Р.В. Исаенко

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Выполнена оценка энерго-технологической эффективности покрытий деталей, нанесенных наплавкой, плазменным напылением и электроискровым наращиванием на детали, работающие в условиях гидроэрозионного изнашивания. Приведены результаты эксперимента на струеударной установке.

В настоящее время в ремонтные предприятия в первую очередь волнует себестоимость восстановительных работ, а не ресурс и качество восстанавливаемых деталей, что приводит к отказам в работе техники и последующим дополнительным затратам. Кроме того, из производственной практики известно, что нормальные износы большинства деталей не превышают 0,3 мм и составляют примерно 0,001-0,003% от объема металла, ограниченного поверхностью контакта сопрягаемых деталей, и не всегда оказывается целесообразным применение сложных и дорогих способов покрытия для восстановления столь незначительного объема изношенного металла. Поэтому в задачу дальнейшего развития восстановительной технологии должен входить поиск новых, более прогрессивных и экономичных методов восстановления деталей машин, а также повышение качества существующих способов восстановления деталей.

Износостойкость покрытий при восстановлении деталей оценивается коэффициентом относительной износостойкости, определяемым по формуле:

$$K = \frac{i_n}{i_s}, \quad (1)$$

где i_n, i_s – соответственно, интенсивность изнашивания материала, принятого за эталон и исследуемого сплава, оба показателя определяются экспериментально при одинаковых условиях изнашивания.

В качестве энерго-экономического показателя, характеризующего эффективность применения того или иного покрытия может быть использован коэффициент относительной энерго-экономической эффективности определяемый из отношения:

$$\Theta = \frac{C \cdot K}{C_s} \cdot \frac{C \cdot K}{C + C_{техн}}, \quad (2)$$

где C, C_s – соответственно, себестоимость детали без покрытия и детали восстановленной одним из известных способов, руб.;

**ОЦЕНКА ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ**

$C_{техн}$ – технологическая себестоимость на восстановление детали,

$$C_{техн} = C_M + C_3 + C_э; \quad (3)$$

C_M – стоимость материалов, руб.;

C_3 – заработная плата рабочего, руб.;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб.

K – коэффициент относительной износостойкости покрытия по отношению к материалу детали,

$$K = \frac{G_{эталона}}{G_{образца}}, \quad (4)$$

Энергетическая составляющая $C_э$ затрат входит в технологическую себестоимость восстановления детали и определяется исходя из тарифа на электроэнергию, потребляемой мощности N и производительности Π установки:

$$C_э = \frac{\mathcal{E} \cdot N}{\Pi}. \quad (5)$$

Для случая когда при восстановлении детали используются два варианта восстановления (в нашем случае наплавка шкива проволокой Св 08Г2С + электроискровое наращивание сплавом Т15К6) предлагается использовать средневзвешенную величину коэффициента относительной износостойкости покрытия по отношению к материалу детали:

$$K' = \frac{K_1(C_{техн1} \%) + K_2(C_{техн2} \%)}{100}. \quad (6)$$

Тогда относительный энерго-экономический эффект будет определяться по выражению

$$\mathcal{E}_\Sigma = \frac{C \cdot K'}{C + C_{техн1} + C_{техн2}}. \quad (7)$$

При этом очевидно, что при $K > 1$ нанесение покрытия будет экономически оправданным.

Определим коэффициент экономической эффективности для деталей, работающих в условиях эрозии: штока задвижки Ду-200 выполненного из стали 38Х2МЮА ГОСТ 4543-74 и штока задвижки Ду-600, изготовленного из стали 08Х18Н10Т ГОСТ 5632-70.

Стоимость изготовления деталей составляет:

Шток задвижки бойлерной Ду-600 15762,45 руб.;

Шток задвижки Ду-200 10559,50 руб.

Покрyтия наносились наплавкой, плазменным напылением и электроискровым легированием.

Материалами для плазменного напыления были выбраны порошки: NiAl, Al₂O₃, ПГ-10М-01, БрАЖ 15-4, Al. В качестве материалов для электроискрового наращивания служили твердые сплавы Т15К6, ВК-2, FeCr.

Кроме указанных образцов испытывались материалы Ст3, Ст45, сталь 08Х18Н10Т, сталь 38ХМЮА. Каждый из образцов был представлен в трех экземплярах.

Образцы с ручной дуговой наплавкой наносились электродами ОЗН-6 и ОЗЛ-8 на постоянном токе с использованием выпрямителя ВД-506Д, при сварочном токе 110-130 А и напряжении 28-32 В, образцы с покрытием из проволоки Св 08Г2С, Св Х18Н11М наносились полуавтоматом «Спутник-180» в СО₂ при токе 140 А и напряжении 40 В на плазменной установке ФГОУ ВПО «НГАВТ» при следующих параметрах: производительность 0,5-2,0 см²/мин., толщина наносимого слоя 0,1 мм. При этом толщина электроискрового покрытия доводилась до 0,3 мм путем шлифования предыдущего слоя на фрезерном станке и наращивания последующего слоя.

Для проведения эрозионных испытаний была спроектирована и собрана струеударная установка, основными элементами которой являются: электродвигатель мощностью 0,5 кВт, циркуляционный насос модели КРМ 50, мощностью 0,368 кВт и струеподающее устройство из двух форсунок. Цилиндрические образцы в количестве 8 шт. с нанесенными покрытиями

крепилась по периметру рабочего диска стопорными винтами. Общий вид струеударной установки показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид струеударной установки

Основные показатели установки следующие:

Линейная скорость образцов	38 м/с;
Напор струи.....	40 кПа;
Диаметр отверстия форсунок	4 мм;
Расстояние от торца форсунки до образца.....	15 мм;
Время выдержки образцов под струей.....	350 ч.

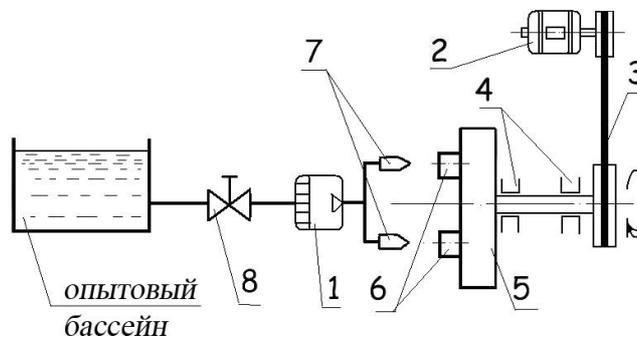


Рисунок 2 – Принципиальная схема струеударной установки

Обозначения: 1-насос, 2-электродвигатель, 3-ременная передача, 4-подшипник, 5-рабочее колесо, 6-образец, 7-струенаправляющая форсунка, 8-запорный кран

Принципиальная схема струеударной установки показана на рисунке 2. Установка работает следующим образом: центробежный насос 1 по всасывающему шлангу из опытового бассейна забирает воду и подает ее в струераспределитель к двум форсункам 7. Струя воды, разбрызгиваемая форсунками, пересекается с вращающимися на рабочем колесе 5 образцами 6 и самотеком снова поступает в опытовый бассейн. Для предупреждения чрезмерного разбрызгивания воды струеразбрызгиваемое устройство и рабочее колесо с валом изолированы защитным кожухом (на схеме не показан). Из восьми испытываемых образцов один является эталонным. Сами образцы представляют собой стальные цилиндры диаметром 40 мм и высотой 20 мм. После нанесения покрытия (толщина не менее 0,3 мм) покрытия шлифовались до чистоты Ra 2,5. В качестве эталонов использовались образцы из сталей: 08X18H10T (эталон 1) и 38X2MЮА (эталон 2).

**ОЦЕНКА ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ**

В момент соударения струи с образцом возникают импульсные давления:

$$p \approx k \cdot \frac{v}{c}, \quad (8)$$

где v – линейная скорость образца, м/с.

c – скорость распространения звука, для воды равная 1440 м/с;

k – модуль объемной упругости воды, равный $2 \cdot 10^8$ кг/м².

Вычисленные по (1) величины давлений могут достигать больших значений и быть близкими к показателям прочности.

Оценка эрозионной стойкости определялись как отношение потери массы эталона к потере массы образца. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний покрытий на эрозионное изнашивание

Материалы образцов и методы их нанесения	Твер- дость НВ	Потеря массы, г			Коэффициенты относительной изно- стойкости	
		образца	эталона 1	эталона 2	эталона 1	эталона 2
Сталь 08X18H10T (эталон 1)	160	0,279	0,279	0,150	1,00	0,54
Сталь 38X2МЮА (эталон 2)	260	0,150	0,279	0,150	1,86	1,00
Ст 45	180	0,180	0,279	0,150	1,55	0,83
Ст 3	145	0,328	0,279	0,150	0,85	0,46
Наплавка ОЗЛ-8	448	0,116	0,279	0,150	2,41	1,29
Наплавка ОЗН-6	364	0,131	0,279	0,150	2,13	1,14
Наплавка Св08Г2С	163	0,220	0,279	0,150	1,27	0,68
Наплавка СвХ18Н11М	–	0,118	0,279	0,150	2,36	1,27
Плазменное напыление:						
ПГ-10Н-01	103	0,058	0,279	0,150	4,80	2,59
NiAl	94	0,137	0,279	0,150	2,01	1,09
БрАж 15-4	83	0,180	0,279	0,150	1,55	0,83
Al ₂ O ₃	93	0,146	0,279	0,150	1,91	1,03
Al	78	0,194	0,279	0,150	1,44	0,77
Электроискровое наращивание						
T15K6	798	0,014	0,279	0,150	19,93	10,71
ВК-2	758	0,018	0,279	0,150	15,50	8,33
FeCr	590	0,022	0,279	0,150	12,68	6,82

Результаты испытаний показывают, что выбранные нами материалы наплавки и порошков для напыления в целом на равных ведут себя при эрозионных испытаниях. Выгодно отличается среди перечисленных материалов покрытие из порошка ПГ-10Н-01. Самый высокий коэффициент относительной износостойкости у твердых сплавов, наносимых электроискровым наращиванием. В данном случае прослеживается зависимость относительной эрозионной стойкости от твердости покрытий. Однако, как отмечается в ряде работ, при эрозионном износе в реальных условиях наряду с механическим фактором большое значение имеет и коррозионный фактор. Поэтому для окончательной оценки эрозионной износостойкости нанесенных покрытий они должны быть подвергнуты дополнительным испытаниям на воздействие коррозии в течение более длительного времени, чем в проведенных испытаниях.

Согласно [1] полную себестоимость восстановления деталей с помощью наплавки представим в виде суммы:

$$C_s = C + Q_H K_M C_M + b(1+H)t_M, \quad (9)$$

где C – себестоимость изготовления детали, руб.;

- Q_H – масса нанесенного на деталь сплава, кг;
 K_M – коэффициент, учитывающий потери сплава на угар, огарки и т.п.;
 C_M – стоимость 1 кг наплавленного материала, руб.;
 b – часовая тарифная ставка сварщика, руб.;
 t_m – время наплавки покрытия на деталь, ч;
 H – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный (1,5-2,5).
 При известном коэффициенте наплавки применяем формулу:

$$t_H = 1000 \frac{Q_H}{\alpha_H J_{CB}} K_n, \quad (10)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч;

J_{CB} – величина тока, А;

K_n – коэффициент, учитывающий вспомогательное время (на организационно-техническое обслуживание и на отдых) $K_n = 1,3-1,5$.

Себестоимость восстановления деталей плазменным напылением рассчитывалась по рекомендациям [2], а технологической себестоимости покрытия детали электроискровым наращиванием, согласно [3].

Энерго-экономическая эффективность применения различных износостойких покрытий и методов их нанесения для штока задвижки Ду-200 и штока задвижки Ду-600 представлена в таблице 2

Таблица 2 – Энерго-экономическая эффективность применения различных износостойких покрытий и методов их нанесения

Материал и метод нанесения покрытия	K'		$C_{техн}$, руб.		$C + C_{техн}$, руб.		C_3 , руб.		Σ , руб.	
	Ду-200	Ду-600	Ду-200	Ду-600	Ду-200	Ду-600	Ду-200	Ду-600	Ду-200	Ду-600
Наплавка										
ОЗЛ-8	2,41	1,29	895,4	778,0	11455,4	16540,0	19,6	18,8	2,2	1,2
ОЗН-6	2,13	1,14	396,5	379,8	10956,5	16141,8	21,9	20,9	2,0	1,1
Св08Г2С	1,27	0,68	377,2	360,4	10937,2	16122,4	21,2	20,3	1,2	0,7
СвХ18Н11М	2,36	1,27	565,6	541,1	11125,6	16303,4	22,2	21,3	2,2	1,2
Плазменное напыление										
NiAl	2,01	1,09	485	245	11045	16007	124	115	1,9	1,1
ПГ-10Н-01	4,80	2,59	441	221	11001	15983	161	152	4,6	2,6
БрАж 15-4	1,55	0,83	487	246	11047	16008	83	77	1,5	0,8
Al ₂ O ₃	1,91	1,03	57	30	10617	15792	13	12	1,9	1,0
Al	1,44	0,98	154	63	15916	15825	22	21	1,0	1,0
Электроискровое наращивание										
T15K6	19,93	10,71	172,35	162,51	10732,35	15924,51	7,35	6,92	19,6	10,6
Вк-2	15,50	8,33	171,16	161,82	10731,16	15923,82	7,35	6,92	15,3	8,2
FeCr	12,68	6,82	171,72	161,92	10731,72	15923,92	7,35	6,92	12,5	6,8

Из таблицы 2 видно, что покрытия, наносимые плазменным напылением и электроискровым наращиванием вполне конкурентны с покрытиями, нанесенными наплавкой и даже в ряде случаев превышают их по износостойкости при гидроэрозионном изнашивании. По затратам на электроэнергию плазменное напыление в ряде случаев превышает затраты при наплавке. Электроискровое наращивание является самым малозатратным по расходам электроэнергии методом нанесения покрытий. Это дает основание считать, что предлагае-

мые для внедрения методы плазменного напыления и электроискрового наращивания могут дать в ряде случаев энерго-экономический эффект при их внедрении на предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Колесов, В.Г. Методика определения технико-экономической эффективности наплавки для повышения срока службы деталей [Текст: / В.Г. Колесов, А.А. Малыгин // Сварочное производство. 1964. -№9. -С. 13-15.

2 Блохин, В.С. Оценка экономической эффективности процесса плазменного напыления композиционных материалов [Текст]: / В.С. Блохин, В.И. Высоцкая // Сварочное производство. 1981. -№1. -С. 20-22.

3 Бурмукулов, Ф.Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов [Текст]: / Ф.Х. Бурмукулов, П.П. Лёзин и др. // -Саранск: МГУ им Н.П. Огарева, 2003. -504 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

О ПОДОБИИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕОРИИ СВЕТА

А.К.Зуев, А.А. Зуев, Ю.И. Ришко

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Рассматривается гипотеза о применении законов классической механики к теории распространения света. В частности проводится аналогия процессов распространения волн в упруго-массовых средах и распространения света.

Единство мира отчетливо просматривается через призму поразительной аналогии дифференциальных уравнений. Фотоны, электроны, позитроны, нейтроны, нейтрино – все это «черные ящики», которые надо открыть, чтобы узнать больше. Попытаемся использовать некоторые аналогии с механическими системами в теории света.

То, что свет это электромагнитные колебания вряд ли можно оспаривать. Но если предположить, что такие колебания подобны механическим, значит, есть массы и есть условия для накопления энергии. Допустим, две массы связаны упругим элементом, способным накапливать энергию при растяжении и сжатии (например, в земных условиях груз подвешен на пружине). Учитывая «поразительную аналогичность дифференциальных уравнений», возьмем из курса теоретической механики общеизвестную формулу:

$$\nu = \sqrt{C/m}, \quad (1)$$

здесь ν – частота собственных колебаний массы m на пружине имеющей жесткость C .

Применить эту формулу в теории света не представляется возможным, так как свет не объяснить единичной массой с её упругими связями. Нужно иметь в виду много масс (бесконечно много) и много упругих связей между этими массами. В теории механизмов и машин общеизвестно понятие приведенной массы. В теории идеальной виброизоляции [1] потребовалось ввести понятие локальной «приведенной жесткости механической системы $C_{пр}$ – первой производной от приведенной силы по перемещению точки её приведения. Если приведенная масса $m_{пр}$ и приведенная жесткость $C_{пр}$ приведены к одной точке, то появляется возможность определить частоту собственных колебаний не отдельного элемента механической системы, а любой группы элементов всей механической системы. Формула (1) при этом приобретает вид:

$$\nu_{пр} = \sqrt{C_{пр}/m_{пр}}. \quad (2)$$

Для исследования колебаний сложных механических систем используется уравнения

Лагранжа второго рода [2]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = \theta_x. \quad (3)$$

Здесь все члены имеют размерность силы, а приведенная жесткость в формуле (2) есть первая производная от приведенной силы $F_{пр}$ по перемещению точки приведения. Другими словами:

$$C_{пр} = \frac{\partial F_{пр}}{\partial x} = \frac{\partial \theta_x}{\partial x}. \quad (4)$$

В формуле (3) кинетическая энергия T определяется через массу приведенную $m_{пр}$. Масса приведенная это такая масса, которая, двигаясь со скоростью точки приведения, обладает кинетической энергией равной сумме кинетических энергий всех элементов рассматриваемой системы.

И так формула (3) устанавливает связь между $C_{пр}$ и $m_{пр}$ в формуле (2) для случая неограниченного количества элементов системы и их упругих связей.

Вернемся к теории света. Представим космическую пустоту в виде исчезающе малых единичных масс, связанных между собой упругими элементами (полями) не имеющими массы (возможно, это и есть нейтрино). По формуле (2) в знаменателе имеем единичную массу. В числителе имеем 6 упругих единичных элементов. Под корнем имеем цифру 6. Возьмем группу единичных масс в виде куба со стороной равной 100. общее количество единичных масс будет 10^6 . В числителе единичных упругих элементов на одной грани куба будет 10^4 , а на шести гранях куба $6 \cdot 10^4$. По формуле (2) $v_{пр}$ уменьшилась в 10 раз. Видим, что $v_{пр}$ убывает с ростом размеров $m_{пр}$.

Если отнестись с доверием к этой гипотезе, то выводы получаются весьма впечатляющими. Гипотеза летящего от солнца оказывается под сомнением. Ведь свет разлагается призмой на огромное количество цветов (т.е. частот). Как объяснить этот факт? Поток цветных фотонов? Приведенная частота $v_{пр}$ четко объясняет этот факт. Возможно фотон не летит со скоростью света он совершает лишь колебательные движения и «светится» под действием колебаний. Перемещается только энергия – энергия колебаний.

Следуя дальше по аналогии с механическими колебаниями, используем пример, когда волна от судна качает щепку вверх и вниз и не продвигает её в направлении движения волны. Еще пример. Мелкие волны на воде (рябь) движутся медленно и быстро угасают, а «длинноволновое» цунами пересекает океаны с большой скоростью.

С электромагнитными колебаниями возможна та же картина. Астрономы «прощупывают» космос радиоволнами большой длины и находят далекие скопления галактик. Все правильно. Больше длина волны (меньше частота) быстрее процесс колебаний, меньше потерь энергии на пройденном пути.

Возникает сомнение в постоянстве скорости света. Из огромного спектра частот человеческий глаз видит только очень узкий спектр, и скорость света может казаться нам постоянной.

Напрашивается эксперимент – сверхскоростная съемка молнии (или электрического разряда) может дать засветку сначала в инфракрасном, а потом в ультрафиолетовом диапазонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Зуев, А.К.** Высокоэффективная виброизоляция судового энергетического оборудования [Текст]: / А.К. Зуев, О.Н. Лебедев // -Новосибирск, 1997. -50 с.
- 2 **Бать, М.И.** Теоретическая механика в примерах и задачах [Текст]: / Т.2. // -М.: Изд. Наука, 1964. -476 с.

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВИБРИРУЮЩИХ МАШИН

А.А. Зуев, Б.К. Хан

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Описывается конструкция и принцип работы бурильной установки, защищенной от ударных нагрузок.

*Нужна бурильная установка с электроприводом. Самая надежная.
Академик Алимов. Луна-16 старт 2.09.1970 г.*

Широкое применение электроприводов в различных машинах обусловлено высокой экономичностью, мобильностью, отсутствием загрязнения окружающей среды. Основной проблемой использования электропривода в машинах с высокой виброактивностью является жесткость требований к неравномерности хода исполнительных (рабочих) органов многих машин.

Так, «слабым местом» бурильных установок с электроприводом являются механизмы захвата бойка после его столкновения с инструментом. Непредсказуемый закон движения бойка после столкновения с инструментом не позволяет защитить электропривод бурильной установки от ударных воздействий. Из большого количества решений этой проблемы [1] наиболее эффективным можно считать решение, изложенное в работах [2, 3], оправдавшее себя в программе Луна-16.

В плане дальнейшего совершенствования такой бурильной установки, обратим внимание на динамику четырех шарнирного механизма в момент удара бойка по инструменту. На рисунке 1 приведена принципиальная схема ударного узла [2, 3].

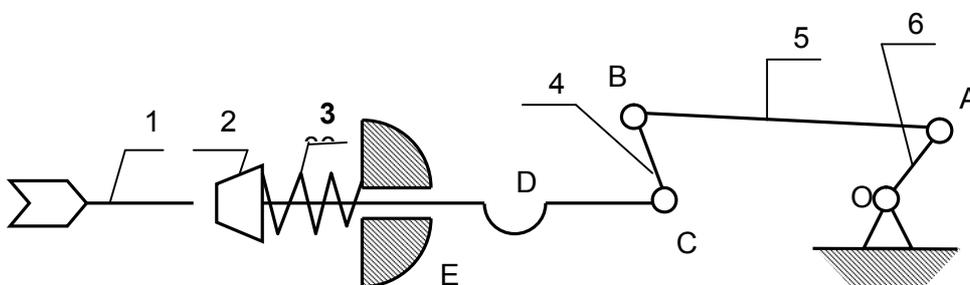


Рисунок 1 – Принципиальная схема ударного узла

Обозначения: 1 – инструмент; 2 – боек; 3 – пружина; 4 – коромысло; 5 – шатун; 6 – кривошип

Внезапная остановка бойка 2 передает в точку С коромысла 4 ударный импульс. Если центр тяжести коромысла 4 находится между точками С и В, то этот импульс будет передан в точку А кривошипа 6, причем форма импульса принимает вид, показанный на рисунке 2б.

Видно, что это первая производная от $F_C(t)$, а физический смысл её весьма прост. Энергия, накопленная при упругих деформациях звеньев 4, 5 и 6 (рисунок 1) приводит к высокочастотным колебаниям этих звеньев, ведущих к разрушениям, в первую очередь, обмоток электродвигателя. Накопленной энергии упругих деформаций звеньев хватает на разрушение подшипников, деталей соединений и самих деталей машины.

Вернемся к поставленной задаче, когда центр тяжести звена 4 (рисунок 1) находится между точками С и В. Увеличивать инертность звена 6 неразумно. Этим мы отправим энергию упругих деформаций звеньев 2, 4 и 5 на разрушение подшипников в точках С, В и А, а также увеличим массу бурильной установки (а это очень дорого). Увеличивать массу шатуна

5 неразумно, так как импульс проходит без потерь через любой состав твердых тел, а увеличение массы шатуна только увеличит колебания бурильной установки. Переносить центр тяжести звена 4 в точку С также неразумно, как и в точку В. При этом растет масса звена и момент инерции, а импульс все равно передается.

Импульс от бойка 2 передаваться не будет, если точка В будет центром удара. Это положение обосновывается д.т.н., профессором А.М. Барановским. Для осуществления этого решения необходимо некоторое количество массы звена 4 поместить ниже точки С. Аналогичная картина в цикле движения рассматриваемого механизма (правда со значительно меньшим ударным импульсом) есть в момент укладки точки В в точку Д при захвате бойка 2. Здесь также нужно точку В, (переносом масс) звена 5, сделать центром удара во вращательном движении звена 5 относительно точки А. Ударный импульс звена 4 в этом положении механизма можно не учитывать, так как он передается не на привод (в точку А), а на шатун 5 в точку В, являющуюся центром удара звена 5, относительно центра А.

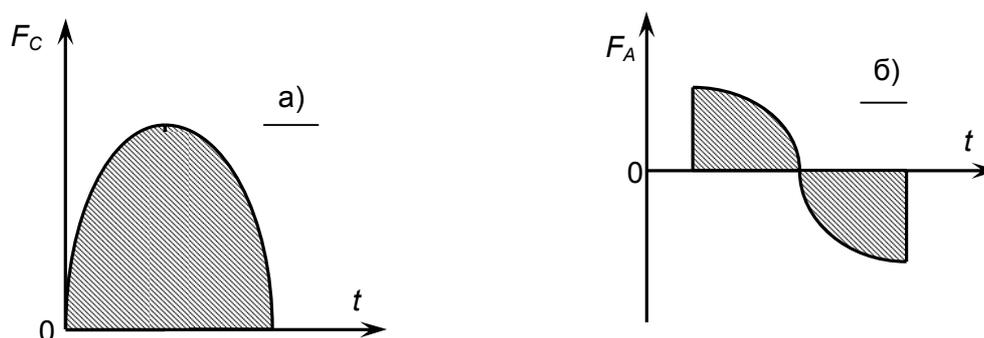


Рисунок 2 – Формы импульсов.

Для обеспечения высокой надежности рассмотренной здесь бурильной установки необходимо напомнить о традиционном заблуждении, что точность изготовления деталей освобождает нас от выполнения требования устранять избыточные связи в кинематических цепях [4]. Так, по традиции кинематические пары О, А, В, С, Д предполагается изготавливать 5 класса, а пару Е четвертого. Механизм в данном положении должен иметь две степени свободы, а расчет числа степеней свободы механизма дает:

$$W = 6 \cdot (n - 1) - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1 = 6 \cdot (5 - 1) - 5 \cdot 4 - 4 \cdot 1 = 24 - 20 - 4 = 0.$$

Две избыточные связи можно ликвидировать заменой любой кинематической пары 5 класса парой 3 класса. Пару О заменять нельзя – это электродвигатель. Пару С желательно оставить 5 класса, так как коромысло ВС нужно «укладывать» на звено СД. Пару А заменить парой 3 класса нельзя, так как боек 2 будет вращаться вокруг своей оси вместе с коромыслом 4 и шатуном 5. Как видим только пар В может быть парой 3 класса.

После захвата бойка 2 коромысло ВС и боек СД становятся одним звеном и кинематическая пара С исчезает. Формула числа степеней свободы приобретает вид:

$$W = 6 \cdot (4 - 1) - 5 \cdot 2 - 4 \cdot 1 - 3 \cdot 1 = 18 - 10 - 4 - 3 = +1.$$

Как видим, избыточных связей нет, значит, нет необходимости в подгонке, регулировке, притирке и обкатке. Поэтому, меньше износ выше КПД и надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Алабужев, П.М.** Механизмы захватов в приводе машин ударного действия АН СССР СО Институт горного дела [Текст]: Электрические машины ударного действия / П.М. Алабужев, А.К. Зуев, В.Б. Хан // -Новосибирск: 1969. -С. 250-256.

2 **Алабужев, П.М.** Электромеханический универсальный молоток с клиновым антивибрационным устройством. АН СССР СО Институт горного дела [Текст]: Машины для бурения шпуров и скважин / П.М. Алабужев, А.К. Зуев, Л.М. Липовецкий, В.Б. Хан, В.Ф. Хон // -Новосибирск: 1971, -С.127-132.

3 Хан, В.Б. К теории четырехшарнирного захватывающего механизма МВ ССО РСФСР НЭТИ [Текст]: Динамика механических систем / Межвузовский сб. научн. тр. // -Новосибирск: 1981, -С. 74-77.

4 Решетов, Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы [Текст]: Справочник / -М.: Машиностроение, 1979. -334 с.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НАПЛАВЛЕННОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА

Л.К. Арабьян, Л.В. Власова, А.В. Мукасеев

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

В целях безопасной эксплуатации СДВС и сокращения затрат перед установкой клапанов с восстановленными посадочными поверхностями необходимо проводить анализ напряжений в наплавленном слое. Приведены данные исследований свойств наплавленного материала, определены коэффициент линейного расширения, модуль упругости, теплопроводность, усталостная прочность. Полученные результаты позволяют рекомендовать защитное покрытие Х32Н8В3М2 для упрочнения (восстановления) выпускных клапанов ДВС.

В большинстве случаев испытания на надежность клапанов, посадочные поверхности которых имеют наплавку из износостойких твердых материалов, производятся непосредственно на ДВС без предварительного анализа напряжений в образующемся при наплавке слое. Кроме связанных с этим больших затрат, испытываемые клапаны в случае их повреждений могут приводить к авариям ДВС. Расчетами методом конечных элементов можно определить напряженное состояние клапана с наплавкой фаски, если известны необходимые входные данные о термических и механических свойствах материала, образующегося при наплавке твердого сплава на основной материал клапана.

Перед установкой наплавленных клапанов на двигатель, были изучены свойства наплавленного материала. В качестве параметра для оценки наплавки введена степень расплавления, которая представляет собой отношение площади расплавленного основного материала (площадь проплавления) к общей поверхности шва. Ширина полосы среднего значения степени расплавления для всех проб составляет от 8,4 до 31,2%.

Определение коэффициентов линейного расширения производилось dilatометром в атмосфере гелия при скорости подогрева 5 °С/мин. Суммарная погрешность рассчитывалась в интервале от комнатной температуры до 600 °С с точностью ±3%. Каждый образец разогревался три раза для измерения коэффициента линейного расширения. Зависимость характеристик линейного расширения комбинированных материалов, а так же этих материалов отдельно показана на рисунке 1. Характеристики комбинаций материалов находятся между основной и наплавкой, удаляются от сплавов, исследованных в отдельности тем больше, чем больше разность коэффициентов линейного расширения между ними. При непостоянной степени расплавления, возникающей вдоль всей сварной пробы, значительного изменения тепловых линейных коэффициентов расширения не наблюдается. Это обстоятельство является важным для практики наплавки клапанов. Результаты измерений модуля упругости этих же сплавов и их комбинаций представлены на рисунке 2.

Значение модуля E комбинированного материала находится между значением модулей основного материала и наплавленного сплава. Для расчета зависимости E от температуры недопустимо применять средние значения модулей «чистых» материалов. На уровень модуля упругости комбинированного материала оказывает влияние температура, степень расплавления и свойства основного материала. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что комбинированные материалы с никелем в сравнении с железом у кобальтовых и никелевых твердых сплавов имеют повышенные значения модуля упругости. Харак-

терное влияние базовых элементов основного материала на модуль упругости показано на рисунке 2.

Результаты измерений теплопроводности находятся в очень узкой области, при этом до 600 °С зависимость теплопроводности проб от температуры линейная.

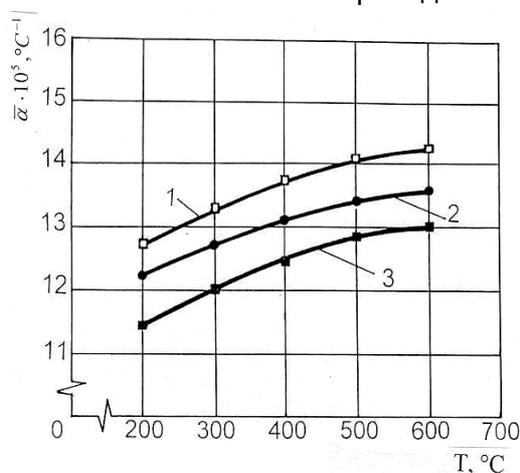


Рисунок 1 – Зависимость линейного расширения материалов от температуры: 1-Х32Н8В3М2; 2-комбинированный материал $A_g=(23,4\pm 1,2)\%$; 3-40Х9С2

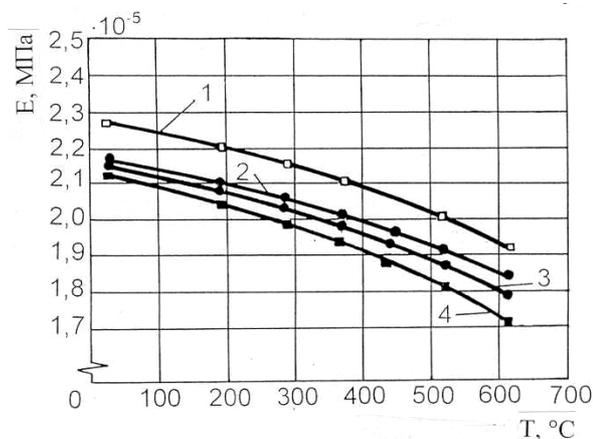


Рисунок 2 – Зависимость модуля упругости материалов от температуры: 1-Х32Н8В3М2; 2-комбинированный материал $A_g=(28,5\pm 0,8)\%$; 3-комбинированный материал $A_g=(30,6\pm 0,9)\%$; 4-40Х9С2М

Наибольшая температурная прочность при растяжении биметаллических образцов соответствует 400-450 °С, т.е. температуре отпуска силхрома. Результаты испытаний некоторых комбинированных материалов представлены на рисунке 3. Предел текучести не всегда удавалось определить, так как некоторые комбинированные материалы при комнатной температуре имеют непропорциональное относительное удлинение даже при разрушении.

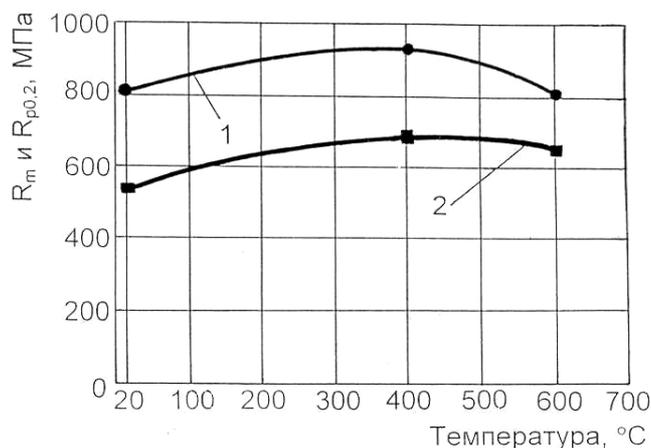


Рисунок 3 – Прочность при растяжении комбинированного материала: 1- R_m ; 2- $R_{p0,2}$

Предел усталостной прочности при растяжении и сжатии определялся на образцах из комбинированных материалов при 20 и 600 °С на базе $N=107$ нагрузочных циклов. Не разрушившиеся образцы подвергались дополнительным усталостным испытаниям при повышенных на 60% амплитудных нагрузках.

Влияние смешивания на усталостную прочность комбинированных сплавов из-за большого разброса результатов измерений определить практически невозможно. Результаты испытаний на усталостную прочность при растяжении и сжатии представлены на рисунке 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НАПЛАВЛЕННОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА

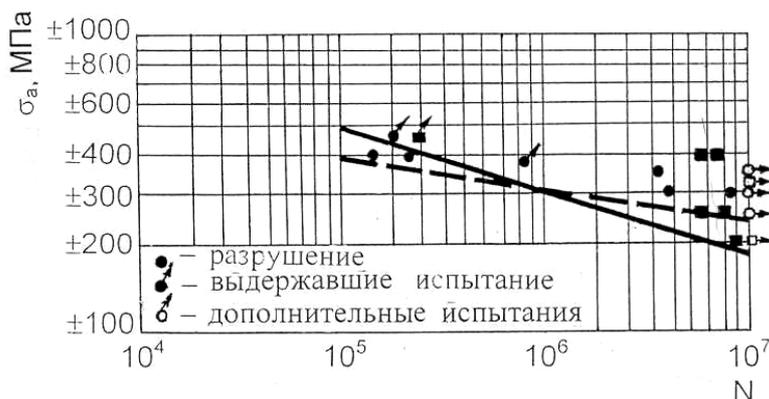


Рисунок 4 – Усталостная прочность при растяжении и сжатии: сплошная линия-600 °C; пунктирная линия-20 °C

При температурах 500 ± 50 °C, соответствующих началу отложения нагара и Na-V коррозии, защитное покрытие X32H8B3M2 и переходная зона к основе из силхрома имеют высокую прочность, различие по α и E , не превышающее 10%, и может быть рекомендовано к реализации на практике для упрочнения (восстановления) выпускных клапанов двигателей, работающих на тяжелых топливах.

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

О МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ САЛЬТИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ ПРИДОННЫХ НАНОСОВ

О.И. Гордеев

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Приведена математическая модель движения сальтирующих частиц придонных наносов, идентифицированная путем коррекции коэффициента подъемной силы, действующей на частицы, по значениям высот подъема частиц в зоне сальтации. Полученные данные могут быть использованы при исследовании сальтационного движения придонных наносов.

Речные наносы принято подразделять на влекомые (двигающиеся по дну), сальтирующие (двигающиеся скачкообразно), полувзвешенные и взвешенные.

Наиболее общим видом движения является сальтационное, а влечение и взвешивание рассматриваются как предельные случаи сальтации. При этом четкой границы между влечением и сальтацией не существует. Сальтация придонных наносов может возникать одновременно с началом их влечения. Поэтому эти виды движения наносов определяют общим термином «придонные наносы» [1].

Изучение скачкообразного движения важно тем, что сальтирующие частицы активно участвуют в формировании транспорта придонных наносов.

В связи с этим математическое моделирование движения сальтирующих частиц представляет определенный интерес.

Одним из основных затруднений при моделировании движения сальтирующей частицы является определение величины, действующей на нее подъемной силы. Это связано с недостаточной изученностью механизма отрыва частицы от дна.

Считается, что отрыв от дна и подъем частицы обусловлен взаимодействием нескольких факторов динамического воздействия на частицу, таких как наличие градиента продольной скорости жидкости, наличие вертикальных пульсаций жидкости вблизи дна, упругих столкновений частицы с выступами донной шероховатости или с другими частицами, дейст-

вие силы Магнуса при вращении частицы, а также влиянием конкретных гидродинамических условий [1]. В связи с этим экспериментальные данные по величине подъемной силы, действующей на сальтирующую частицу, полученные различными авторами, достаточно противоречивы.

В то же время накоплены обширные экспериментальные данные по геометрии движения частиц грунта, в частности, по высотам подъема частиц в зоне сальтации.

В связи с этим представляется целесообразным провести частичную идентификацию уравнений движения сальтирующей частицы путем коррекции коэффициента подъемной силы по значениям высот подъема частицы грунта в зоне сальтации.

Уравнения движения частицы в векторной форме:

$$m(1+k)\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{m}g + \bar{N} + \bar{F} + \bar{R}, \quad (1)$$

где \bar{N} – вектор силы Архимеда;

$\bar{m}g$ – вектор силы тяжести;

\bar{F} – вектор подъемной силы;

\bar{R} – вектор силы сопротивления воды в относительном движении частицы (движение воды – переносное, движение частицы относительно воды – относительное, движение частицы относительно неподвижной системы отсчета (хоу) – абсолютное);

m – масса частицы;

k – коэффициент присоединенной массы;

\bar{V} – абсолютная скорость частицы.

Для сферической частицы плотностью ρ_1 модули этих сил могут быть вычислены по формулам:

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{1}{6} \rho g \pi d^3 \\ F &= \frac{1}{2} \rho C_n \frac{\pi d^2}{4} (V_x - u)^2 \\ R &= \frac{1}{2} \rho C V_{отн} \frac{\pi d^2}{4} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости;

d – диаметр частицы;

u – скорость движения воды;

C_n – коэффициент подъемной силы,

$V_{отн}$ – относительная скорость частицы,

$$V_{отн} = \sqrt{(V_x - u)^2 + V_y^2}; \quad (3)$$

V_x – горизонтальная составляющая абсолютной скорости частицы;

V_y – вертикальная составляющая абсолютной скорости частицы;

C – коэффициент сопротивления воды движению частицы в относительном движении.

Коэффициент C на основе аппроксимации графической зависимости [2] может быть представлен в виде:

$$C = \begin{cases} 250 & \text{при } Re \leq 0,1 \\ 250 \exp \left[0,015(1 + \lg Re)^{3,6} - 2,11(1 + \lg Re) \right] & \text{при } 0,1 < Re \leq 10^3 \\ 0,49 & \text{при } Re > 10^3 \end{cases} \quad (4)$$

Число Рейнольдса принято в виде:

**О МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ САЛЬТИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ
ПРИДОННЫХ НАНОСОВ**

$$Re = \frac{V_{отн} d}{\nu} = \frac{d}{\nu} \sqrt{(V_x - u)^2 + V_y^2}, \quad (5)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости.

Дифференциальные уравнения абсолютного движения сферической частицы грунта в проекциях на оси координат:

$$\frac{dV_x}{dt} = -\frac{3}{4(1+k_0f)} \frac{\rho}{\rho_1} \frac{C}{d} V_{отн} (V_x - u); \quad (6)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -\frac{1}{1+k_0f} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_1}\right) g + \frac{3}{4(1+k_0f)} \frac{\rho}{\rho_1} \frac{1}{d} C_n (V_x - u)^2 - \frac{3}{4(1+k_0f)} \frac{\rho}{\rho_1} \frac{C}{d} V_{отн} V_y. \quad (7)$$

Коэффициент присоединенной массы сферы вблизи дна в зоне сальтации с учетом рекомендации [1] равен:

$$k_0 = 0,5, \quad f \cong 1,2. \quad (8)$$

Движение частицы грунта будем рассматривать в потоке, средние скорости которого в придонном слое распределены по логарифмическому закону [3]:

$$u = V_d \left(5,75 \lg \frac{y}{\Delta} + 7,5 \right) \quad (9)$$

где Δ – высота выступов шероховатости дна $\Delta \approx d$;

V_d – динамическая скорость потока.

Начало движения донных частиц соответствует условию:

$$V_d \Rightarrow V_{кр} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}, \quad (10)$$

где τ_0 – критическое касательное напряжение на дне потока.

Распределение средних скоростей потока в зоне сальтации примем в виде:

$$u_{кр} = V_{кр} \left(5,75 \lg \frac{y}{d} + 7,5 \right). \quad (11)$$

Критическую скорость $V_{кр}$ найдем, решив приближенно графическое уравнение, полученное В.С. Кнорозом [3]:

$$\frac{w}{V_{кр}} = f \left(\frac{V_{кр} d}{\nu} \right). \quad (12)$$

В результате получим

$$V_{кр} = \begin{cases} 1,38 w^{0,56} (\nu/d)^{0,44} & \text{при } Re_{кр} \leq 25 \\ 0,135 w & \text{при } Re_{кр} > 25 \end{cases}, \quad (13)$$

где $Re_{кр} = \frac{V_{кр} d}{\nu}$.

Показатель подвижности донных отложений:

$$\frac{V_{кр}}{w} = \begin{cases} 1,38 Re_w^{-0,44} & \text{при } Re_{кр} \leq 25 \\ 0,135 & \text{при } Re_{кр} > 25 \end{cases}, \quad (14)$$

где $Re_w = \frac{wd}{\nu}$ (15)

Гидравлическая крупность частиц (скорость их равномерного падения в покоящейся жидкости) w , входящая в формулы (13)-(15), подсчитывается по формулам [4]:

$$w = \begin{cases} \frac{g}{18\nu} d^2 \left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) & \text{при } Re_w \leq 2 \\ 0,93d \left[\frac{g^2}{\nu} \left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right)^2 \right]^{1/3} & \text{при } 2 < Re_w \leq 40 \\ \frac{0,41}{\nu^{0,11}} d^{2/3} \left[g \left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) \right]^{0,56} & \text{при } 40 < Re_w \leq 300 \\ 1,2 \left[g \left(\frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) d \right]^{1/2} & \text{при } Re_w > 300 \end{cases} \quad (16)$$

Отметим границы режима сальтации, следуя данным, приведенным в работах [1, 3, 4].

Начало сальтации соответствует началу влечения донных частиц (нижняя граница сальтации) и может быть определено по показателю подвижности донных частиц (14).

Верхняя граница сальтации связана с возникновением ситуаций, когда частицы начинают переходить из сальтационной стадии движения в полувзвешенное и во взвешенное состояние из-за вертикальных пульсаций скорости жидкости. Поэтому числовые показатели верхней границы сальтации достаточно условны и должны определяться вероятностным путем.

В работе [3] предлагается принять за условную границу между влекаемыми и полувзвешенными наносами значения показателя подвижности $V_{кр}/w = 0,5$. Меньшие значения этого показателя соответствуют умеренной и слабой интенсивности движения частиц в режимах влечения и сальтации. А при $V_{кр}/w > 1$ – наблюдается полное взвешивание частиц.

Более определенные границы сальтации могут быть оценены по высотам скачков частиц грунта. В работах [1, 3, 4], приведены данные по высотам скачков, полученные в экспериментальных исследованиях различных авторов. Средние значения составляют $(0,6-4,0)d$.

На основе приведенной математической модели были произведены систематические расчеты параметров движения сальтирующих частиц грунта. При этом фиксировались высота и длина скачков, скорости частиц, время скачков и другие параметры.

Расчеты производились для сферических частиц с диаметрами, соответствующими размерам основных фракций наносов: песок (мелкий, средний, крупный), гравий (мелкий, средний, крупный), галька. Размеры – согласно [4], плотность частиц $\rho_1 = 2650$ кг/м³. Скорости течения принимались соответствующими нижней (11) и верхней ($u_e \approx 1,25u_{кр}$ при $d = \text{Const}$) границам сальтации.

Коэффициенты подъемной силы выбирались из условия достижения частицей заданной высоты скачка ($h/d = 0,5, 1, 2, 3, 4$).

На рисунке 1 и 2 в качестве примера показаны расчетные траектории частиц различных диаметров и графики изменения вертикальной и горизонтальной относительных составляющих скорости частицы в процессе движения.

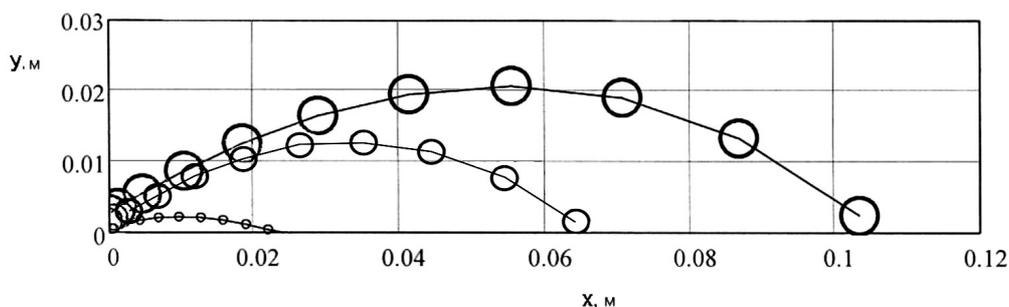


Рисунок 1 – Траектории частиц при сальтации: $h/d = 4$; $d = 0,0005, 0,003, 0,005$ м

**О МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ САЛЬТИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ
ПРИДОННЫХ НАНОСОВ**

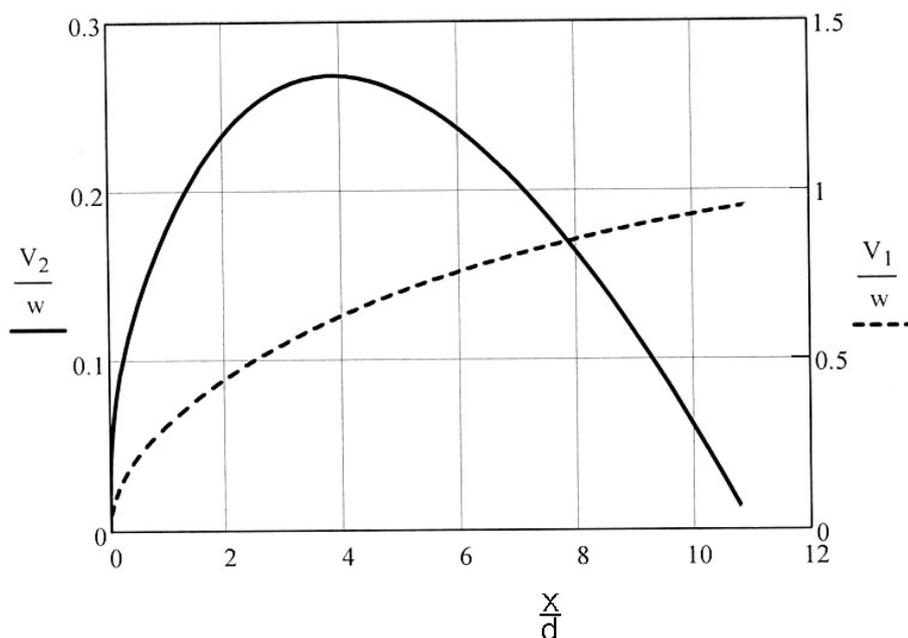


Рисунок 2 – Зависимости $V_2/w = f(x/d)$ и $V_1/w = f(x/d)$, для частицы $d = 0,005$.

Основные выводы:

1 Влияние коэффициента подъемной силы C_n на относительную высоту скачка частицы проявляется неравномерно. Так, для того чтобы увеличить высоту скачка с $h = d$ до $h = 4d$ необходимо увеличить C_n на ~70% для частицы диаметром $d = 0,0003$ м, на ~40% для $d = 0,0006$ м, на ~4,3% для $d = 0,003$ м и всего лишь на ~2,6% для частиц диаметром 0,06 м (таблица 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента подъемной силы в функции высоты скачка и диаметра частицы

h	Диаметр частицы d , м							
	0,0003	0,0006	0,0015	0,003	0,006	0,02	0,04	0,06
d	0,481	1,145	3,852	2,090	2,0033	2,0033	2,0033	2,0033
$2d$	0,612	1,313	3,987	2,127	2,0265	2,0265	2,0265	2,0265
$3d$	0,724	1,458	4,105	2,154	2,0414	2,0414	2,0414	2,0414
$4d$	0,835	1,605	4,240	2,180	2,0560	2,0560	2,0560	2,0560

Кроме того, при больших диаметрах частиц, соответствующих крупному гравию и гальке, при скачке на одну и ту же относительную высоту (h/d) коэффициент подъемной силы не изменяет своего значения.

С увеличением скорости потока до верхней границы сальтации (для частиц с $d = 0,003 \div 0,010$), коэффициент подъемной силы, требуемый для выполнения скачка частицы на ту же относительную высоту, уменьшается, составляя примерно 0,68 от значения, полученного для нижней границы сальтации.

2 Отношение длины скачка к высоте L/h не зависит от диаметра частиц d в диапазоне от 0,003 м до 0,100 м. Оно несколько уменьшается с увеличением относительной высоты скачка h/d . Так, например, $L/h = 7,2$ при $h/d = 1$ и $L/h = 5,5$ при $h/d = 4$.

Для частиц малого диаметра ($d = 0,0002 \div 0,0010$ – песок) отношение L/h уменьшается с увеличением диаметра частиц. Например:

- при $d = 0,0002 \Rightarrow (L/h)_{cp} \approx 33$;
- при $d = 0,0005 \Rightarrow (L/h)_{cp} \approx 13$;
- при $d = 0,0010 \Rightarrow (L/h)_{cp} \approx 6$.

Здесь следует отметить, что при одинаковой относительной высоте скачка h/d абсолютные значения длин скачков больше у крупных частиц (см. рисунок 1). Для верхней границы сальтации длина прыжка частиц увеличивается примерно в 1,22 раза.

3 Для больших частиц ($d = 0,003 \div 0,010$), соответствующих крупному гравия и гальке, имеют место следующие соотношения:

– для безразмерного времени скачка $\tau = \frac{Tw}{d}$:

$$\tau = k_1 (h/d)^{0.4}, \quad (17)$$

где $k_1 = (18,0 \div 16,5)$ – левый предел – нижняя граница сальтации;

- для относительной вертикальной скорости частицы при ударе о дно:

$$V_2/w = 0,11(h/d)^{0.7}; \quad (18)$$

– для средней скорости перемещения частицы по дну (отношение длины скачка к времени полета L/T):

$$V_{cp}/\sqrt{gd} = k_2 (h/d)^{0.41}, \quad (19)$$

где $k_2 = 0,61 \div 0,80$.

Полученные данные могут быть использованы при исследовании движения сальтирующих частиц придонных наносов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гришин, Н.Н. Механика придонных наносов [Текст]: / -М.: Наука, 1982. -160 с.
- 2 Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя [Текст]: / -М.: Наука, 1974. -712 с.
- 3 Гришанин, К.В. Динамика русловых потоков [Текст]: /.-Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 311 с.
- 4 Гришанин, К.В. Теория руслового процесса [Текст]: / -М.: Транспорт, 1972. -216 с.

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ОАО «САХАНЕФТЕГАЗСБЫТ»

Ю.И. Бик, А.А. Шаталов, О.С. Шаталова

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Причальная набережная ОАО «Саханефтегазсбыт» находится в п. Зырянка на р. Колыма. Сооружение предназначено для приема жидких нефтепродуктов. Средства механизации на причале отсутствуют.

Причальная набережная (рисунок 1) выполнена в виде металлических свай $\varnothing 180$ мм и деревянных $\varnothing 250$ мм, установленных с шагом от 1,5 до 2,0 м с забиркой круглым лесом $\varnothing 200$ мм, с анкерровкой с помощью металлического троса за деревянные анкерные сваи. Свободная высота 6,0 м. Открылки выполнены из сваренных бочек, обшитых металлическим листом. Длина стенки 48 м (рисунок 2). Конструкция возведена в 90-х годах хозспособом без составления проектной документации.

**НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ
ОАО «САХАНЕФТЕГАЗСБЫТ»**

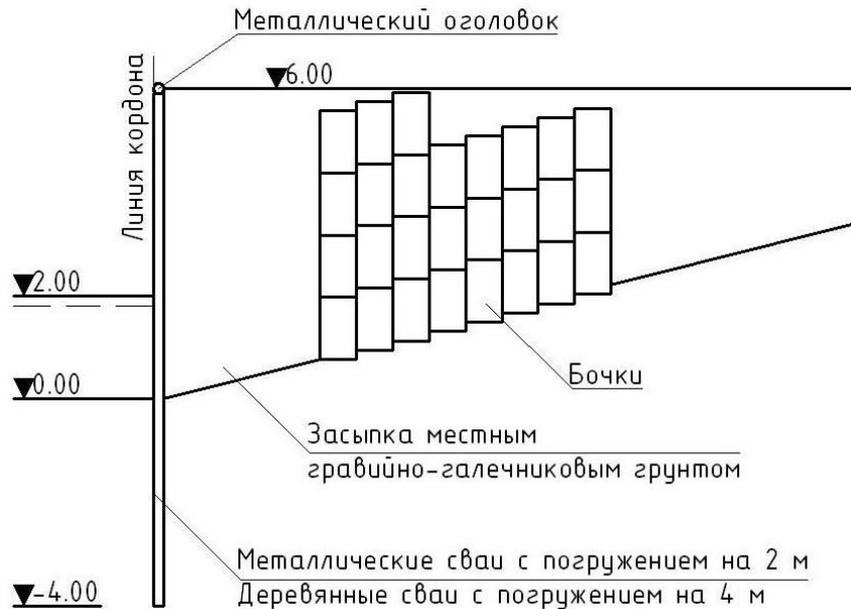


Рисунок 1 – Разрез причальной набережной

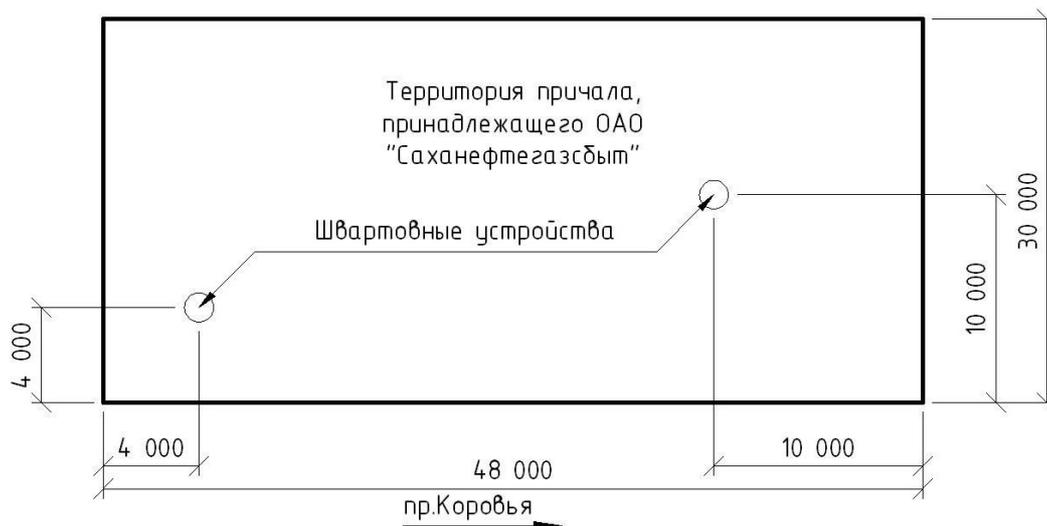


Рисунок 2 – План причальной набережной

По верху причальной стенки имеется металлический оголовок, связывающий металлические сваи. Отбойные устройства выполнены в виде гирлянд из автомобильных покрышек, подвешенных на тросах. По линии кордона предусмотрено леерное ограждение.

Обратная засыпка выполнена местным гравийно-галечниковым грунтом.

Причалы оборудованы деревянными швартовными устройствами, установленными в тылу причальной набережной на расстоянии 4 м и 10 м от кордона сооружения.

Перегрузочные работы в прикордонной зоне не осуществляются.

Причальная набережная рассчитана на восприятие эксплуатационных нагрузок от расположенного на причале нефтетрубопровода и специализированной техники.

В результате обследования установлено, что причальная набережная находится в удовлетворительном техническом состоянии. Однако имеется ряд отклонений от требований нормальной технической эксплуатации: провалы территории в прикордонной части сооружения, повреждение деревянных и металлических свай, металлического оголовка, разрушение отбойных устройств, разрушение деревянных частей сооружения.

Рекомендации по эксплуатации причала следующие: необходимо устранить провалы

территории, организовать антикоррозионную обработку металлических элементов сооружения, устранить повреждения деревянных элементов, выполнить ремонт отбойных устройств.

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ УКЛОНОВ СПУТНИКОВЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

В.П. Прокопьев

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

На основе использования на водных изысканиях новейших космических спутниковых геодезических систем, автором подготовлены и освоены методы использования измерений продольных и поперечных уклонов свободной поверхности потока по всей ширине русла, конкретно по отдельных ветвям течения на любом отдалении от берегов. Насколько это нововведение, осуществленное автором в Ленском бассейне в последние два года, повысило достоверность и точность анализа и прогнозирования русловых процессов для последующих гидравлических расчетов скоростной структуры потока и воздействия на нее естественных и антропогенных факторов, показывают результаты натурных измерений уклонов свободной поверхности, а также величины и направления течений на изучаемом участке реки.

Для решения поставленной задачи автором использована методика расчета распределения расхода по рукавам русла с введением поправок на коэффициенты шероховатости, определенные по измеренным продольным уклонам свободной поверхности реки. Оценка влияния уточненных коэффициентов шероховатости на величины расходов производилась на примере расчета многорукавного участка реки Лены ниже о. Чемят, где изыскательской партией ФГУ «Ленское ГБУВПиС» 31 августа 2006 г. были измерены уклоны свободной поверхности в рукавах русла реки Лены в зоне Якутска (рисунок 1).

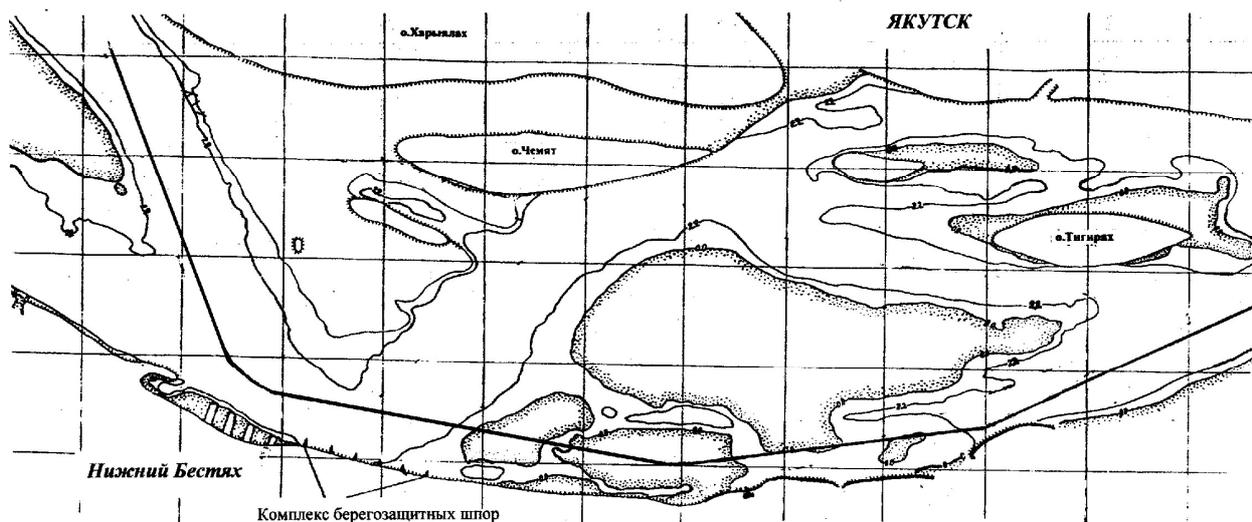


Рисунок 1 – Предлагаемая реконструкция судоходной трассы выше г. Якутск

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ УКЛОНОВ СПУТНИКОВЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

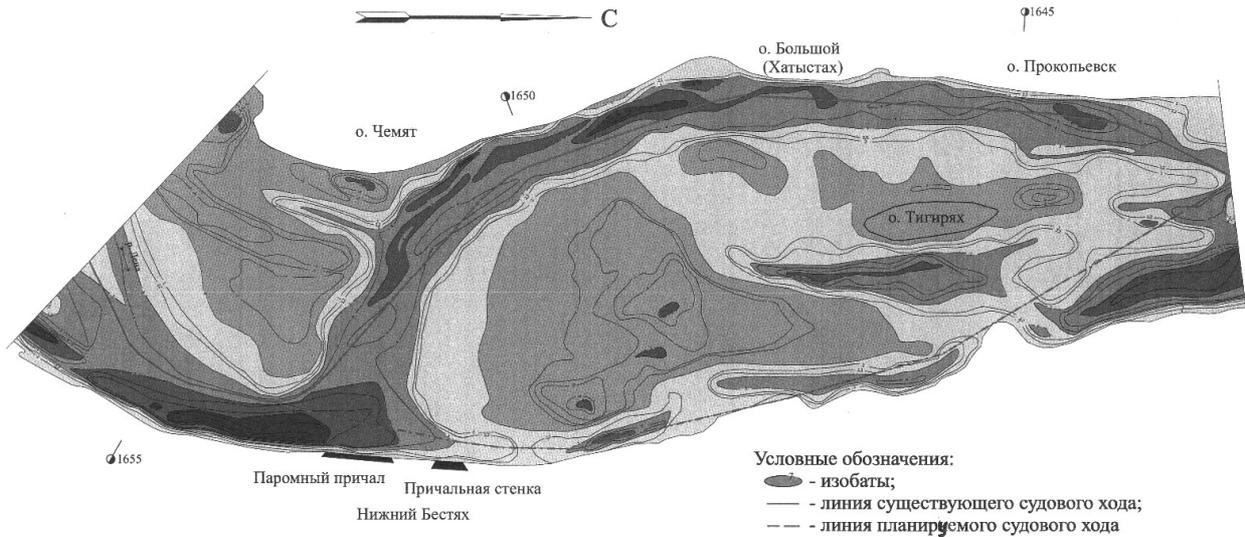


Рисунок 2 – План участка русла р.Лены (1656-1643 км от устья)

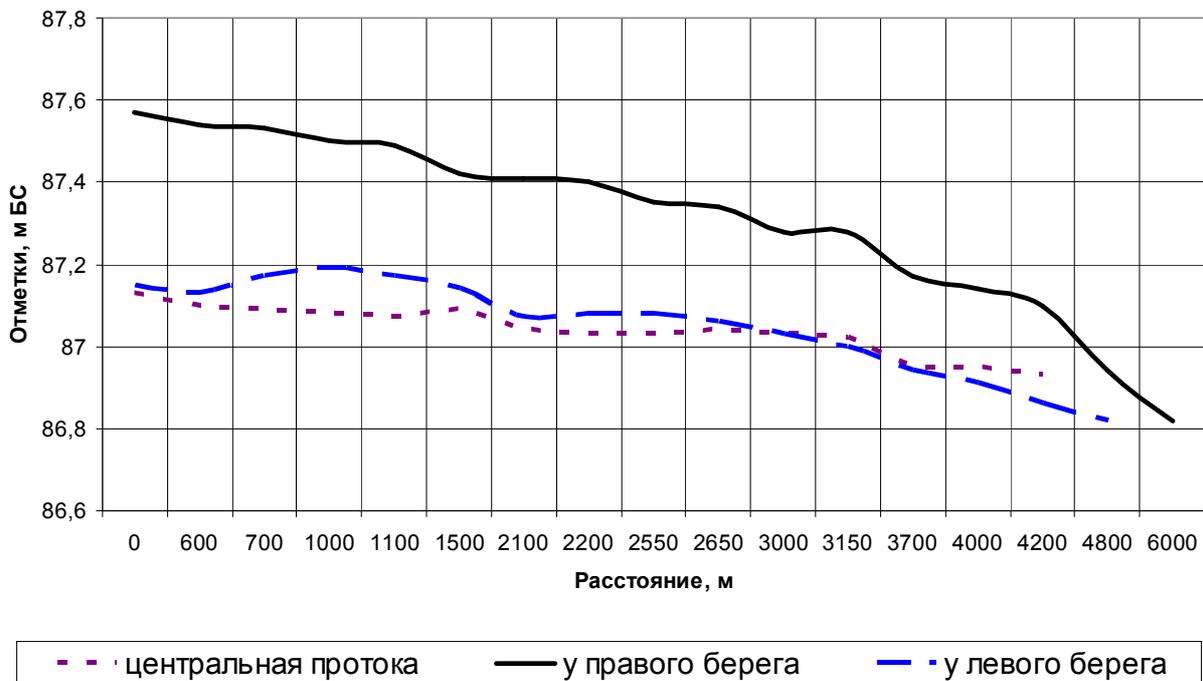


Рисунок 3 – Совмещённые продольные профили водной поверхности в районе причалов Н. Бестяха на р. Лене, по съёмке 31.08.2006 г.

По результатам измерений, уклон свободной поверхности в рукаве I составил 0,00009, в рукаве II – 0,00012. Измерения уклонов производились при уровне +213 см над нулем графика по гидропосту «Якутск», чему соответствовал расход по кривой связи уровней и расходов – 15430 м³/с (рисунки 4 и 5). Данный расход и уровень были приняты нами за расчетные.

Для выполнения поставленной задачи сначала был произведен расчет расходов в указанных на схеме рукавах, с введением коэффициента шероховатости русла $n = 0,042$. данное значение было принято на основании зависимости А. Штриклера:

$$n = \frac{0,15}{\sqrt{g}} d_{50}^{1/6}, \quad (1)$$

Прокопьев В.П.

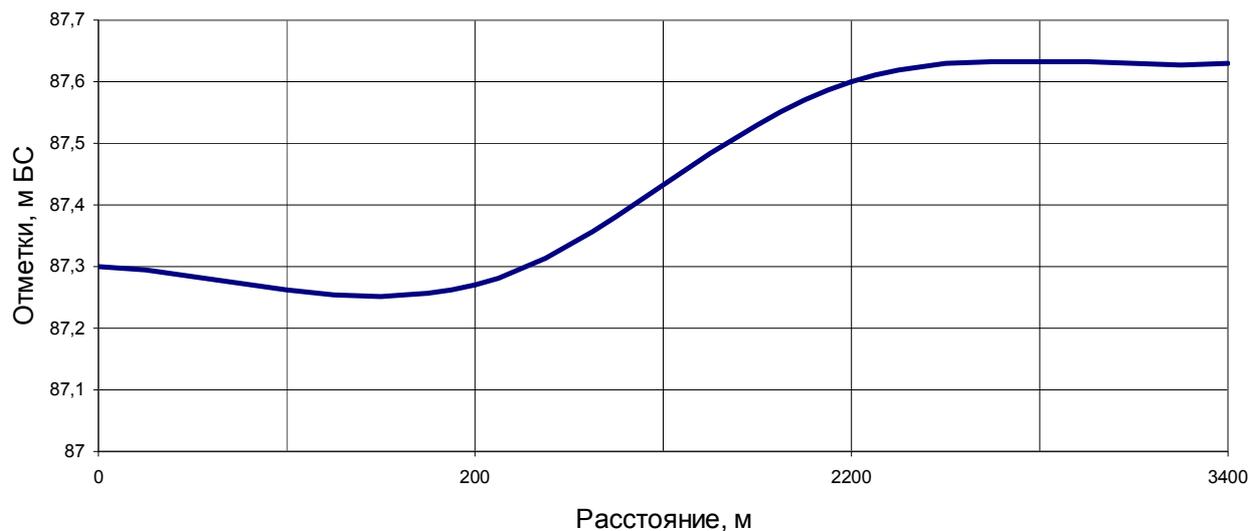


Рисунок 4 — Поперечный профиль свободной поверхности в районе причалов Н. Бестяха на р. Лене, по съёмке 30.08.2006 г.

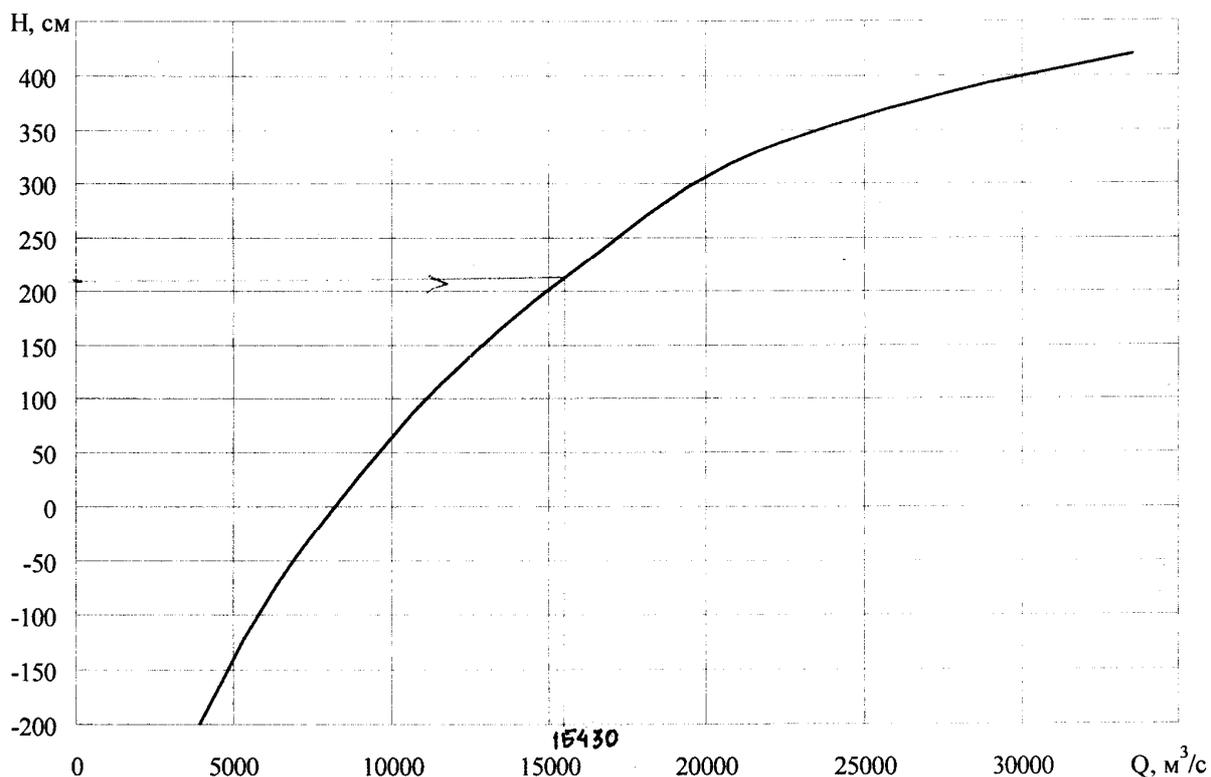


Рисунок 5 — График связи уровней и расходов воды по г/п Якутск

в которой средний диаметр наносов d_{50} , слагающих русло, принят по рекомендациям изыскательской партии равным $d_{50} = 0,45$ мм. Выполненные нами расчеты распределения расходов приведены в таблице 1.

Далее был проведен расчет распределения расходов по рукавам реки на том же участке с учетом измеренного ранее уклона свободной поверхности. В последнем варианте коэффициент шероховатости русла n определялся по формуле Маннинга:

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ УКЛОНОВ СПУТНИКОВЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

$$n = 1,49 \frac{R^{1/6}}{C}, \quad (2)$$

где R – гидравлический радиус русла, принятый равным средней глубине (таблица 1);
 C – коэффициент Шези, определяемый по измеренным в натуральных условиях уклонам свободной поверхности.

Таблица 1 – Расчет распределения расходов при $n = 0,042$

№ рукава	Модуль сопротивления $\times 10^{-8}$	Длина участка, м	Падение уровня, м	Уклон расчетный	Расход в рукаве, м ³ /с
I	0,91	2175	1,31	0,0006	12016
II	11,27	1625	1,31	0,0008	3414

Для определения коэффициентов Шези в рукавах использовались определенные на первом этапе расчетов расходы в рукавах I и II (таблица 1). Все данные сведены в таблицу 2.

В результате двух этапов вычислений были получены реальные уклоны свободной поверхности, представленные в таблице 3.

Сопоставление расчетных уклонов с реально измеренными позволяет сделать вывод, что предложенный автором метод уточнения коэффициентов шероховатости русла в рукавах дает существенно более достоверные значения уклонов. При этом введение уточненных коэффициентов шероховатости приводит к уточнению величины расходов в рукавах на 10-20%. Чем меньше расход, тем существеннее влияние на его величину вносимой поправки. Таким образом можно сделать вывод, что предложенная автором методика введения уточненных коэффициентов шероховатости оказывает существенное влияние на перераспределение расходов по рукавам разветвленного русла рек. Наибольший эффект имеет место при малых расходах, т.е. при низких меженных уровнях воды.

Таблица 2 – Расчет распределения расходов с учетом измеренных уклонов свободной поверхности

№ рукава	Измеренный уклон свободной поверхности	Коэффициент Шези	Коэффициент шероховатости	Модуль сопротивления $\times 10^{-8}$	Расход в рукаве, м ³ /с
I	0,00009	75,95	0,0245	0,31	12958
II	0,00012	69,94	0,0240	8,52	2472

Таблица 3 – Реальные уклоны свободной поверхности

№ рукава	Измеренный уклон	Уклон, определенный при $n = 0,042$	Уклон, определенный с учетом измерений
I	0,00009	0,0006	0,0002
II	0,00012	0,0008	0,0003

К каким выводам приводят результаты наших исследований? Они подтверждают мнение В.В. Дегтярева, что коэффициент шероховатости, определяющий величину гидравлического сопротивления русла, является интегральной характеристикой, зависящим не только от шероховатости поверхности дна, определяющейся микро- и мезошероховатостью, но и макрошероховатостью, присущей достаточно протяженным участкам русла. Понятно, что коэффициент шероховатости должен быть определен не по данным, приводимым в справочной литературе, как это предлагает К.В. Гришанин, а установлен в результате решения «обратной» задачи речной гидравлики с численным моделированием. При наличии данных о реальных уклонах водной поверхности, определенных спутниковой системой по всей ширине реки и сведений о скоростной структуре потока, то точная величина коэффициента шероховатости « n » может быть достоверно определена. Еще более важно для анализа и прогнозирования гидравлики различных фаз водности руслового потока знать истинное значение

ние коэффициента «п», т.е. по ним мы можем оценить изменчивость коэффициента шероховатости для любых уровней воды по гидрологическим постам на реке. Следовательно, наше нововведение в составе водных изысканий позволит реализовать идею учета при проектировании дноуглубительных работ деления потока на макроструи в плане и расслоения его по глубине, как это в свое время рекомендовали корифеи русловой гидравлики В.Е. Тимонов и В.К. Клейбер.

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ РАЗМЫВА ПОТОКОМ ТРАНСПОРТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

А.Д. Курносков

Ленский филиал ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Вносятся предложения новых оригинальных гидравлических расчетов обеспечения устойчивости от размыва потоком откосов регуляционных сооружений и берегов на транзитных водных путях и акваториях речных портов.

Строительство и эксплуатация регуляционных гидротехнических сооружений и береговых укреплений на транзитных внутренних водных путях, акваториях речных портов, при осуществлении мостовых и подводных переходов через реки наземных дорог и трубопроводов является неотъемлемым для современных транспортных комплексов. Особенно это актуально для северных районов Сибири и Якутии, куда перемещается добыча энергоносителей – нефти, газа, каменного угля. Что такое перемещение неизбежно убедительно свидетельствует такой факт. В декабре 2005 года члены Российской академии наук на годовом собрании с редким единодушием сошлись во мнении, что для того, чтобы обеспечить на перспективу свои внутренние потребности в энергоресурсах и остаться их крупным экспортёром, России необходимо резко активизировать работы по освоению северных морских месторождений. Ставится задача уже к 2030 году добывать на шельфе арктических и дальневосточных морей более 170 миллиардов кубометров газа и более 10 миллионов тонн нефти и конденсата в год. Выполнить эту рекомендацию без водных перевозок и транспортного строительства невозможно.

Упомянутые регуляционные и берегозащитные сооружения играют в экономике, экологии и жизнеобеспечении населения весьма существенную роль. Поэтому весьма опасны аварийные ситуации с регуляционными сооружениями и ледозащитными ограждающими дамбами, которые приводят к гибели десятков судов. Большие аварии на реке Лене произошли в Пеледуйской ремонтно-эксплуатационной базе в 1964 году, на реке Яне в 2002 году, когда весь флот пароходства был вынесен с мест зимнего отстоя, ряд судов затонул, а все остальные потребовали многолетнего восстановительного ремонта.

Наибольшему риску разрушения испытывают откосы сооружений и берегов, которые испытывают естественные и антропогенные воздействия течения реки, волн и льда.

В настоящее время главным видом крепления откосов несортированным мелким камнем, мелкообломочными материалами – щебнем и галькой прежде всего подвергающимися постоянным воздействиям круглый год.

Устойчивость откосов берегов и регуляционных сооружений от размыва потоком зависит от направления и скорости течения, геологии берега и его конфигурации по вертикали, вероятности оползней по подземным водам и деформация береговых массивов грунта, антропогенным нагрузкам. Существенное значение имеют конструкции и плановое расположение береговых укреплений и регуляционных сооружений, т.е. система берегозащиты актив-

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ РАЗМЫВА ПОТОКОМ
ТРАНСПОРТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

ная (локальная и кардинальная) или пассивная. К сожалению, до сего времени оценка риска разрушения и гидравлические расчёты такого вида креплений до конца нельзя считать завершенными, а главное комплексными.

Полувекковые натурные исследования профессора В.В. Дегтярёва продолженные автором статьи в течение последнего десятилетия позволяют внести предложение системы эмпирических уравнений, которые определяют заложение устойчивых откосов m в зависимости от скорости обтекания потоком, глубины и времени затопления откосов, направления течений, гранулометрического состава грунта при отсыпке профиля сооружения или его защитного покрытия.

Предлагаемые уравнения следующие:

– при направлении течения вдоль откоса (угол $\Theta = 0^\circ$) заложение откоса для отсутствия риска равно при отсыпке сооружения из песка

$$m = 0,65 \exp[0,6(100v - T)].$$

– при креплении поверхности гравием

$$m = 0,3 \exp[0,37(100 - T)].$$

– при защитном слое из гальки, щебня и мелкого несортированного камня

$$m = 0,29 \exp[0,18(10v - T)].$$

где v – скорость омывающего потока;

T – глубина над сооружением при расчётном уровне воды.

Скорость обтекания можно вычислить по формулам В.В. Дегтярёва.

При направлении течения под 45° к поверхности сооружения устойчивые откосы будут обеспечены при следующих условиях:

– для откосов из песка

$$m = 0,84 \exp[0,62(10v - T)];$$

– для откосов покрытых гравием

$$m = 0,41 \exp[0,38(10v - T)];$$

– для откосов, укрепленных галькой, щебнем или мелким камнем

$$m = 0,45 \exp[0,18(100 - T)].$$

Если течение нормально к откосу поверхности сооружения ($\Theta = 40^\circ$):

– из песка

$$m = 0,91 \exp[0,6(10v - T)];$$

– при защитном слое из гравия

$$m = 0,41 \exp[0,4(10v - T)];$$

– при защитном слое из гальки, щебня или мелкого камня

$$m = 0,3 \exp[0,24(100v - T)].$$

Толщина защитного покрытия зависит от гранулометрического состава защитного слоя и должна быть не менее $3d_{cp}$, где d_{cp} – средняя крупность отсыпки из мелкообломочных материалов и не менее 30 см при защитном слое из гравия.

Дальность уноса гальки или мелкого несортированного камня при отсыпке защитного слоя в воду рекомендуется определять по формуле:

$$B_{\text{унос}} = \frac{Tg^2}{\omega^2},$$

где ω – гидравлическая крупность,

$$\omega = g \frac{(\rho_k - \rho)}{\rho} \frac{\Pi}{6\zeta} d_{cp};$$

ρ_k – плотность отсыпки;

ρ – плотность воды;

- ζ – коэффициент обтекания для мелкого камня равный 0,6;
 g – ускорение свободного падения.

В заключение необходимо подчеркнуть, что при выполнении берегозащитных работ необходимо учитывать, что основополагающим в назначении конструкций берегозащитных сооружений в современных условиях, является тщательный комплексный анализ природных условий и поиск оптимальных решений, исходя из назначения и значимости защищаемого участка. Очень важным при этом является гармоничное сочетание параметров сооружений, которые будут наиболее адекватными условиям защищаемого объекта и надёжно предотвратить затопление и размыв защищаемых территорий и прибрежные акватории от технических и экологических катаклизмов и ущерба жизнеобеспечению населения.

Гидравлический расчёт устойчивости откосов против воздействия волн рассчитывается по СНиПу 2.06.04-82*. Расчёт устойчивости откосов на воздействие льда подтверждается, если он выполнен по методике профессора В.А. Седых.

Изложенные рекомендации использованы в проекте берегозащиты на реке Лене у посёлка Нижний Бестях, где предполагается создание перевалочного речного порта и замыкающей железнодорожной станции Амуро-Якутской железнодорожной магистрали. Проект рассмотрен и принят Исполнительной дирекцией по ликвидации последствий весеннего паводка и организации восстановительных работ Правительством Республики Саха (Якутия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Дегтярёв, В.В.** Проектирование и эксплуатация выправительных сооружений на внутренних водных путях [Текст]: / -М.: Транспорт. 1981, -224 с.
- 2 **Седых, В.А.** Устойчивость конструкций грунтовых выправительных сооружений [Текст]: -Новосибирск: Наука 2002. -9 с.
- 3 **СНиП 2.06.04-82*** Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Госстрой СССР. М., ЦИТП. 1989. -89 с.

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЕ И БЕРЕГОЗАЩИТА В ЗОНЕ ГОРОДОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ РЕКАХ

В.А. Хмелев

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Прибрежные территории в зоне больших городов, а также важных транспортных и промышленных объектов особенно значимы и с экономической и экологической стороны. Первое условие объясняется ограниченностью свободных территорий, которые могут быть использованы для различных строительных целей и благоустройства зон отдыха населения – пляжей, парков, баз спортивного судодохода. Экологический ущерб от размыва и оползней берегов образуется за счет загрязнения вод обрушивающихся в реку масс грунта с большим включением загрязнений и коммунальных, транспортных и промышленных отходов.

К берегоукреплению и берегозащите в городской черте предъявляются повышенные эстетические и прочностные требования, что естественно усложняет и удорожает строительные работы. При этом обычно останавливаются на эстетических и экономических факторах. Конструкции, изготавливаемые по индустриальным технологиям, когда части конструкций производятся на предприятиях, а монтаж на месте строительства, выполняется строительно-подъёмной механизацией.

Берегоукрепительные сооружения городских территорий выполняют в виде вертикальных или слегка наклоненных подпорных стенок и в редких случаях – откосных и полуоткосных конструкций, которые называются городскими набережными.

Кроме предохранения берега от размыва, к городским набережным предъявляются, как уже указывалось выше, эстетические (облицовка), градостроительные (по верху набережных часто располагаются проезжие дороги, парки, спортивные комплексы и т. д.) и повышенные экологические требования (поскольку зачастую они находятся в зоне рекреации и отдыха). Примерами городских набережных вертикального профиля являются набережная р. Москвы у спортивного комплекса в Лужниках и двухкилометровая набережная р. Камы в г. Перми, а наклонного профиля - московские городские набережные. Примером городской набережной откосного профиля может служить городская набережная р. Иртыша в г. Омске. В городах довольно часто требуется укрепление берегов водоемов с целью предотвращения оползней. Оползни представляют угрозу для всех видов инженерных сооружений, расположенных на береговых оползневых склонах. Оползнем называется смещение земляных масс вниз по склону под влиянием сил тяжести. Они происходят в том случае, когда возникающие по тем или иным причинам в массе грунта вблизи откоса сдвигающие (касательные) напряжения оказываются больше, чем те, которые могут быть восприняты грунтом. Причинами образования оползней могут быть подмыв нижней части берегового склона течением реки (боковая и донная эрозия) или подмыв берега реки, озера, водохранилища волновым прибоем или судовыми волнами.

Противооползневые береговые укрепления предназначаются для предотвращения такого подмыва. Эти сооружения должны быть долговечными, устойчивыми и прочными в самых сложных условиях, выдерживая воздействие удара и отката волн, ледовых нагузков, скоростей течения. При этом они не должны вносить существенных изменений в гидрологический режим водоема и не ухудшать судоходные условия.

Для борьбы с оползнями применяются следующие береговые укрепления: откосные в виде насыпных или намывных пляжей или гибких тюфяков, вертикальные или слегка наклоненные стенки, набережные полуоткосного профиля, продольные береговые волнозащитные сооружения (волнобойные стенки, откосные укрепления и др.).

В городах и пригородах в современных условиях широко развивающегося трубопроводного транспорта и дорожного строительства, все чаще требуется берегоукрепление у переходов через реки. Поскольку через водные преграды строят различные переходы: автомобильные и железнодорожные мосты (путепроводы); трубопроводы - нефтепроводы, продуктопроводы, водопроводы, дюкеры (канализационные, теплофикационные); кабельные и др. В местах их пересечения водоемов участок сопряжения переходов с берегами обычно укрепляют, чтобы предотвратить подмыв переходов. При стеснении русла реки береговыми устоями и дамбами мостовых переходов возрастают скорости течения реки и берег размывается. Для защиты от размыва также применяют различного рода крепления.

Помимо защиты берегов рек непосредственной в городской черте, выполняются и берегоукрепительные работы для сохранения полезных земель вне населенных пунктов. Цель этих работ - предохранить берега рек от размыва течением и отчасти волнами. В данном случае широко применяются индустриальные конструкции. Примером крепления берегов рек с целью сохранения полезных земель могут служить укрепления, простирающиеся на сотни километров вдоль рек Миссисипи, Миссури, Красной в США. При этом применялись гибкие тюфяки из железобетонных плит или асфальта. Изготовление их проводили на полигоне, оборудованном поточными линиями.

В настоящее время в речной гидротехнике существуют две системы берегоукрепления и берегозащиты: пассивная и активная. По рекомендациям В.В. Дегтярева, при пассивной системе берегоукрепления повышают устойчивость берега против воздействия течения, волн, ливневых потоков, а в криолитозоне и от термоабразии. Направление, интенсивность и параметры течения и волн в потоке, протекающем у разрушающегося берега, существенных изменений при пассивной системе берегоукрепления не претерпевают. При активной системе берегозащиты наоборот изменяются все характеристики обтекающего разрушаемый берег потока: меняется поле скоростей течения и уклоны свободной поверхности, а также параметры волн реки в зоне влияния берегозащитных сооружений, что и позволяет прекратить разрушение берега. Снижаются размывающие воздействия течений, направление и параметры ветровых и судовых волн, ледовые нагузки, становится более терпимым

температурный режим воды у затопленного промерзшего берега.

Активная система берегозащиты делится на локальную и кардинальную. Первая изменяет обстановку только вблизи берега, не распространяясь по всей ширине реки и нижерасположенные участки. На малых и средних реках при кардинальной активной системе влияние берегозащитных сооружений распространяется до противоположного берега. На больших реках осуществление кардинальной активной системы берегозащиты требует существенных затрат по переустройству всей транспортной системы и поэтому применимо только для крупных воднотранспортных и водохозяйственных узлов. Например, такой подход осуществлен на реке Иртыш в Омске, при возведении комплекса капитальных оградительных дамб Омского речного порта, судоремонтного завода, судоремонтных мастерских бассейнового управления пути, Иртышской ремонтно-эксплуатационной базы, совместно с берегоукрепительными работами на набережных города и мероприятиями по нормализации городского водоснабжения. В настоящее время начата разработка проектных мероприятий на реке Лене в зоне Якутска в связи с выходом к реке Амуро-Якутской железнодорожной магистрали (АЯМ).

Берегоукрепительные сооружения и средства весьма разнообразны по конструктивным принципам, и их выбор определяется назначением, расположением в плане и по высоте, гидрологическими и ледовыми условиями и наличием строительных материалов и техники. Береговые укрепления разнообразны также по своей конструкции и материалам, из которых они выполнены.

Современные конструкции креплений берегов каналов, рек и водохранилищ, а также гидротехнических сооружений, применяемые как в нашей стране, так и за рубежом, отличаются индустриальностью возведения, простотой в эксплуатации и долговечностью. Наиболее распространенными типами являются следующие крепления: набросные; плитные; в виде вертикальных и слабо наклоненных стенок; тюфячные покрытия. Кроме того, для крепления применяются каменное мощение, гравийные и щебеночные отсыпки, уполаживание откосов и создание искусственных пляжей, посадка кустарников и трав и др.

К берегоукреплениям пассивного действия относятся такие конструкции, как хворостяные покрытия, каменная наброска, монолитные и плитные бетонные и асфальтовые покрытия, шпунтовые металлические и бетонные стенки, бревенчатые ряжевые срубы, намыв пологих пляжей и уполаживание берегов.

К берегозащитным сооружениям активного действия относятся берегозащитные шпоры, струенаправляющие и оградительные дамбы, фасонные блоки, сипаи, плавучие понтонные потокорегулирующие системы М.В. Потапова, складывающиеся шарнирные пороги Ж. Обера, наливные сооружения, временные ледяные щиты и плотины. К активным берегозащитным мероприятиям относятся и руслорегулирующие дноуглубительные прорезы.

Выбор берегового укрепления в виде берегозащитного сооружения, активно влияющего на гидравлическую структуру потока, или берегоукрепительного сооружения – средства пассивной защиты, повышающего устойчивость берега, определяется экономическими соображениями, а также зависит от особенностей гидрологического режима реки, т.е. скорости и направления течения в различные периоды навигации, высоты уровней воды в половодье и продолжительности их стояния, условий ледохода, характера и интенсивности эрозии берега. Кроме того, выбор конструкции берегового укрепления обоих видов обуславливается зоной берегового откоса, где наблюдаются наиболее интенсивные разрушения. Таких зон четыре.

Первая зона откоса – подводная, находится ниже наинизшего уровня воды, поэтому разрушение берега здесь происходит только в результате воздействия потока. Береговые укрепления этой зоны должны обладать эластичностью, чтобы при подмыве подошвы откоса конструкции получали изгиб не разрушаясь, и достаточной прочностью, чтобы противостоять воздействию течения. Вследствие того, что гниения в подводной части берегового укрепления не наблюдается, здесь хорошо оправдывают себя конструкции из хвороста.

Вторая зона берегового откоса периодически затопляется в зависимости от высоты стояния уровней воды. Берега в этой зоне разрушаются под воздействием течения потока, волн, ледовых нагрузок, термоабразии и грунтовых вод, просачивающихся из грунта откоса

после спада уровня. В связи с тем, что береговые укрепления во второй зоне работают то в подводном, то в надводном состоянии, необходимо, чтобы они хорошо противостояли гниению.

Третья зона – незатопляемая часть откоса, подвергающаяся нахату волны при высоких уровнях воды.

Четвертая зона (верхняя надводная) – не подвергается воздействию ни течения, ни волн. Берег в пределах этой зоны разрушается под воздействием ветра и ливневой эрозии, а также при подмыве откоса в нижележащих зонах.

Берегоукреплениями переменного уровня считаются такие, которые расположены между подводными берегоукреплениями и следующими уровнями: высокой межени — на свободных реках, вскатывания волны выше нормального подпорного уровня — на водохранилищах, статического уровня – на каналах и пика суточных колебаний – в нижних бьефах гидроузлов.

Надводные берегоукрепления расположены выше берегоукреплений переменного уровня. Они могут затапливаться во время паводков.

Назначая типы конструкций крепления и требования к строительным материалам для них, следует учитывать расположение креплений относительно уровней воды. Так, хворостяные тюфяки, во избежание гниения, следует использовать для подводного берегоукрепления. При подборе состава бетона для бетонных и железобетонных конструкций креплений, укладываемых в зоне переменного уровня, следует учитывать наиболее неблагоприятное влияние этих уровней на долговечность бетона. При строительстве надводных берегоукреплений применяют наиболее легкие их типы – одерновку, посев трав и др.

Способы производства работ при строительстве берегоукрепительных сооружений определяются их положением относительно уровней воды и степенью индустриализации конструкций.

В зависимости от отметки строительного уровня поды различают строительство берегоукрепительных сооружений «насухо» (берегоукрепления, расположенные выше строительного уровня воды или за перемычками) и «в воду» (берегоукрепления, расположенные ниже строительного уровня воды). За строительный уровень обычно принимают уровень не менее 50% обеспеченности.

«Насухо» строят надводные берегоукрепления, часть берегоукреплений переменного уровня, берегоукрепления вновь строящихся каналов, объектов транспортного освоения водохранилищ до их наполнения и инженерной защиты, а также гидроузлов.

«В воду» производят работы по подводным берегоукреплениям на свободных реках, озерах, эксплуатируемых каналах, объектах транспортного освоения водохранилищ после их наполнения.

Поскольку в настоящее время строительство берегозащитных сооружений осуществляется досаточно редко (при острой необходимости и при наличии у заказчика денежных средств) и носит, как правило, сугубо локальный характер. Причем самым важным требованием при назначении конструкций берегозащитных сооружений в последние годы стала необходимость создания максимально эффективной защиты при минимальных затратах.

В заключение необходимо подчеркнуть, что при выполнении берегозащитных работ необходимо учитывать то, что основополагающим в назначении конструкций берегозащитных сооружений в современных условиях, является тщательный комплексный анализ условий каждого участка берега и поиск оптимальных решений, исходя из назначения и значимости защищаемого участка. Очень важным при этом является гармоничное соотношение параметров берегозащитных сооружений, адекватное условиям защищаемого объекта.

К ИСТОРИИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ РОССИИ И РУССКИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ ГИДРОТЕХНИКОВ СВОБОДНЫХ РЕК

В.В. Дегтярев

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Внутренние водные пути нашей страны имеют многовековую историю. Роль рек и озер на Руси становится понятной при взгляде на карту России. Территория равнинного характера лишь в средней части имеет возвышенность, называемую Валдайской. Здесь берут начало многие реки, впадающие в Каспийское, Черное, Балтийское и Белое моря, по которым наши предки издавна перевозили грузы.

В верховьях рек и речек, близко расположенных друг к другу, организовывались специальные «волоки», по перетаскиванию судов и передаче грузов с одной реки на другую.

В древности исключительную роль играла река Днепр как основной водный путь Киевского государства. От Балтийского моря к Черному, водный путь проходил через Неву, Волхов, Ловать, Десну и Днепр. Этот торговый путь известен как путь «из варяг в греки». С Днепром связано первое письменное свидетельство о проводившихся берегоукрепительных работах – в летописи по Ипатьевскому списку – у Видубецкого монастыря близ Киева в XII в.

С Днепра был возможен переход на другой торговый путь Восточной Руси – Волгу. Верхняя Волга и Ока были основными транспортными магистралями Владимирского, Суздальского, Рязанского княжеств. С расширением и укреплением Московского государства в XVI в. и завоеванием Казани и Астрахани Волга получает значение главного торгового пути.

В XVI в. установились торговые сношения Московского государства со странами Европы по новому водному пути через Северную Двину и ее притоки. Этот путь, до начала XVIII в., проходил от г. Вологда по рекам Вологде, Сухоне и Северной Двине. В устье Северной Двины был создан крупный торговый центр и морской порт Архангельск.

В конце XVI в. началось продвижение русских в Сибирь по рекам Урала с перетаскиванием судов в верховьях на реку Туру и дальше по рекам Тобол, Иртыш, Обь.

История водных путей сообщения севера, северо-востока и северо-запада в XVI и XVII вв. была связана с объединением русских земель и превращением Москвы в политический, экономический и культурный центр.

Большое развитие внутренних водных путей получил в царствование Петра Первого. Были обеспечены экономические связи с районом Балтийского, Азовского и Черного морей. Это потребовало совершенствования внутренних водных путей для пропуска нового русского флота.

Выход к Балтийскому морю и перенос столицы из Москвы к берегам Финского залива потребовали улучшения водных путей от Волги до Балтики с таким расчетом, чтобы суда следовали без перевалки грузов в верховьях рек. В 1703-1722 г.г. была сооружена Вышневолоцкая шлюзованная система, соединяющая Волгу с Невой через реки Тверцу, Цну, Мету, оз. Ильмень, р. Волхов и оз. Ладожское. В 1719-1731 г.г. построены Приладожский и Онежский обходные судоходные каналы, начаты изыскания по трассе Мариинской системы (1710 г.). В Петровские времена была предпринята попытка создания Волго-Донского канала, но экономика и технические средства того времени не позволили завершить работы.

Начало XVIII в. характерно дальнейшим освоением для судоходства рек Сибири и проведением на них крупных, по тому времени, гидротехнических мероприятий. Например, в 1716 г. в районе губернского центра Западной Сибири – города Тобольска был прорыт канал для переноса узла слияния рек Тобола с Иртышом на 3 версты выше по течению главной реки. Назначение спрямления – предотвращение обрушения правого берега реки Иртыш, на

котором был построен первый в Сибири каменный кремль – резиденция губер-натора. Цель была достигнута и отклонение потока под влиянием вод притока, т.е. Тобола, прекратилось. Канал стал основным руслом и существует уже почти 300 лет. Старое русло Тобола заилилось и его можно видеть лишь на старых картах.

В 1784 г. в России был издан указ о промере глубин на судовых ходах рек и ограждению фарватера предостерегательными знаками. К этому же периоду относятся первые скало-уборочные работы на Днепровских порогах.

Общегосударственное управление внутренними водными путями России насчитывает более 200 лет, когда императором Павлом I 28 февраля 1798 года был подписан указ «Об учреждении Департамента для произведения и правления всех дел по водяным коммуникациям и бытию ему под ведомством Сената и о произвождении дел по регламенту Коллегии». В 1830 году было открыто первое в стране высшее транспортное учебное заведение – Санкт-Петербургский институт путей сообщения, наследниками которого являются государственные университеты водных коммуникаций и железнодорожного транспорта.

Развитие промышленности и внутренней торговли, появление парового флота в XIX в., потребовало дальнейшего совершенствования внутренних водных путей. Было построено несколько искусственных систем водных путей.

В 1810 г. было открыто движение судов по новой Волго-Балтийской трассе Шексна-Ковжа-Вытегра. Эта система была названа Мариинской, а в 1811 г. по трассе Молога-Тихвинка открылось движение по второй системе названной Тихвинской.

В 1828 г. был сооружён Северо-Двинский водный путь, соединивший р. Шексну с р. Сухоной через Кубенское озеро. Этот водный путь сыграл большую роль в развитии экономики Севера. Важное значение для освоения экономики западных районов Белоруссии и Полесья имел построенный в первой половине XIX в. канал, соединивший р. Припять с притоком Вислы – Западным Бугом.

Для регулярности судоходства на Верхней Волге в 1840 г. была построена плотина «бейшлот», образовавшая водохранилище с объёмом до 400 млн. м³. Попуски воды из водохранилища обеспечивали устойчивые глубины на фарватере от г. Твери до г. Рыбинска. В 1874-1878 г.г. было осуществлено сооружение Москворецкой системы, затем шлюзование Северного Донца. В 1883-1893 г.г. построен Обь-Енисейский канал, соединяющий две великие сибирские реки через приток Оби – Кеть и приток Енисея – Касс (этот канал утратил своё значение после постройки Транссибирской железной дороги).

Во второй половине века было введено освещение навигационных знаков на Волге и других больших реках. В 1860 г. начали работать землечерпательные снаряды – сначала в Петербурге, затем на Волге и в последней четверти века на сибирских реках. К 1913 г. их работало на реках страны 112.

В 1913 г. протяжённость судоходных внутренних водных путей составляла около 64,6 тыс. км. Перевозки грузов по водным путям в то время достигли 49,1 млн. т, а число перевезённых пассажиров превышало 11 млн.

Последние десятилетия XIX в. и начало XX в. знаменательны для России большим творческим подъёмом в области гидротехники свободных рек. Целая плеяда крупных учёных и инженеров путей сообщения, в число которых входили Н.Н. Жуковский, Н.С. Лелявский, В.М. Лохтин, Н.П. Пузыревский и другие, провели фундаментальные исследования гидрологии и геоморфологии рек, закономерностей проходящих на них русловых процессов и создали отечественную науку о строительстве, реконструкции и эксплуатации внутренних водных путей.

Особо значимыми корифеями внутренних водных путей России в конце XIX – начале XX веков были В.Е. Тимонов и В.Г. Клейбер.

Всеволод Евгеньевич Тимонов закончил высшее училище путей сообщения в Париже и затем в 1880 г. институт путей сообщения в Санкт-Петербурге, с занесением его имени на мраморную доску выдающихся выпускников. Перед 1917 годом он являлся начальником важнейшего в государстве округа путей сообщения в Санкт-Петербурге и одновременно профессором института путей сообщения, основанного в 1830 году и единственного высшего транспортного учебного заведения в стране. Главная его заслуга в развитии внутренних

водных путей, создании впервые в мировой практике теории и системы организации дноуглубления земснарядами как основного и эффективного средства поддержания судоходных глубин.

Эта разработанная В.Е. Тимоновым и практически усовершенствованная и внедрённая В.Г. Клейбером на Волге, а затем на других реках система поддержания судоходных глубин землечерпанием с предварительной съёмкой перекатов русловыми изыскательскими партиями и заблаговременной разработкой землечерпательных прорезей задолго до межени, в так называемый подготовительный период. Система оказалась высокоэффективной и позволила значительно улучшить судоходные условия без большого увеличения затрат на содержание пути. Основные положения системы используются до настоящего времени не только в России, а и во всех странах, где в состав внутренних водных путей входят свободные реки.

В.Е. Тимонов известен не только как талантливый гидротехник и гидравлик свободных рек, но и как проектировщик ряда Петербургских мостов. Он выбрал место расположения порта Владивосток. В 1907 г. основал в Петербурге первую в России гидротехническую и гидравлическую лабораторию, которая функционирует уже сто лет, до наших дней, в Санкт-Петербургском университете водных коммуникаций и носит имя своего основателя. Эта лаборатория описана в фундаментальном труде обо всех важнейших гидравлических лабораториях мира, вышедшем в Германии в двадцатых годах и переизданном в США в переводе на английский язык в 1929 году. В этом издании, насчитывающем 868 страниц, из русских учёных упоминается лишь В.Е. Тимонов, с очень почтительной и полной биографией. В.Е. Тимонов был избран членом французской академии наук и является почётным членом ряда международных научных ассоциаций, в том числе – ассоциации судоходных конгрессов американского общества инженеров-строителей и американской академии искусства и науки, международного института инженеров-строителей, международной ассоциации гидравлических исследований, нескольких научных объединений Германии, Нидерландов, Италии, Великобритании. В.Е. Тимонов избирался президентом ряда международных судоходных конгрессов. Им опубликовано свыше 700 научных трудов. Ему принадлежат разработанные ещё до Октябрьской революции проекты Беломоро-Балтийского канала и шлюзования Днепровских порогов, системы магистральных водных путей и единого стандарта габаритов речных судов. В последние годы жизни, оборвавшейся в 1936 году, он работал над методикой комплексного использования рек.

Гениальный и всесторонне образованный инженер путей сообщения Вильгельм Генрихович Клейбер, окончивший в Санкт-Петербурге физико-математический факультет университета и затем институт путей сообщения, был фанатиком внутренних водных путей. Он в деталях завершил разработку системы поддержания судоходных глубин систематическим дноуглублением земснарядами, как основным средством особенно незаменимым при огромных протяжениях русских рек. Будучи в гражданских чинах, равных воинским Генеральским, В.Г. Клейбер упорно отказывался от высоких административных должностей, а настаивал на сохранении им положения конкретного руководителя дноуглубительных работ на Волге. Благодаря внедряемой им системе предварительных водных изысканий и введения так называемого подготовительного периода разработки прорезей с начала спада половодья, он шестью земснарядами обеспечил гарантированную глубину 180 см между Нижним Новгородом и устьем Камы, в то время как ранее они падали в межень до 100 см и превращали Волгу в непроходимую для судов. Противники В.Г. Клейбера (инженер С.М. Жван и другие) настаивали, что для этого необходимо не менее 52 мощных земснаряда. Система землечерпания В.Г. Клейбера на Волге была распространена вверх до Рыбинска, затем осуществлена на Днепре и Висле.

В 1915 году в России возникла проблема доставки военных грузов из Архангельска, куда они доставлялись морем, вглубь страны по Северной Двине, где в межень движение флота прекращалось из-за малых глубин. Выехавший на эту реку В.Г. Клейбер, в 1915 и 1916 годах обеспечил необходимые глубины. К сожалению, после этого, можно сказать, подвига, следы гениального инженера затерялись и об его дальнейшей жизни ничего не известно. Но до сих пор труды В.Г. Клейбера не потеряли интереса для специалистов по вод-

ным путям.

В России, в XIX-XX веках, сложилась весьма квалифицированная система проектирования и постройки земснарядов. Хотя Д. Уатт изобрёл паровой двигатель ещё в 1769 году, потребовалось много лет для создания парового земснаряда. Спустя 40 лет в Фридрихсгавани (Германия), всё ещё использовался земснаряд с конным приводом. Даже в 1873 году, датский министр водного хозяйства, предпочел ручной труд рабочих, покупке парового земснаряда. Первый паровой земснаряд был создан в России Августом де Бетанкуром по повелению императора Александра I, для землечерпательных работ в Кронштадте. За рубежом, в Англии, паровой земснаряд начал работать на несколько лет позднее, в 1802 году, в Портсмунде. Некоторый период во второй половине XIX века для российской водных путей закупались очень громоздкие и малопроизводительные многочерпаковые земснаряды в Голландии, но после 1907 года от них отказались и организовали выпуск многочерпаковых шаландово-рефулерных земснарядов на Путиловском и Коломенском заводах, по проектам русских инженеров.

В сибирские бассейны их доставляли в разобранном виде и собирали в Тюмени. Это были по тем временам лучшие в мире земснаряды, впервые оснащённые централизованным управлением не только главными машинами, но и всеми палубными лебёдками, цепной папильонаж заменён тросовым.

Рефулерные насосы могли забирать и транспортировать не только пески, но и гравелистые мелкогалечные грунты. Кожаные соединения звеньев плавучих грунтопроводов заменили металлическими шаровыми и эллиптическими конструкциями. В Обь-Иртышском бассейне пять таких земснарядов работали до шестидесятых годов. После революции в строительстве земснарядов был перерыв до сороковых годов, когда появился на Сормовском заводе очень неудачный многочерпаковый земснаряд производительностью 100 м³/ч. Но уже с начала пятидесятых годов отечественная судостроительная промышленность в Сормово и Киеве, наладила выпуск вполне современных и совершенных земснарядов различных типов. Одновременно заказывались землесосы и многочерпаковые земснаряды в Чехословакии, Финляндии, Нидерландах, Венгрии и Японии. Дноуглубительный флот всех бассейнов стал вполне достаточным по техническому уровню и количеству. Большинство земснарядов и вспомогательных судов по техническим характеристикам соответствовали международному уровню. Производительность их достигает 4000 м³/ч. Земснаряды используются как для улучшения судоходных условий, так и для разработки траншей для укладки трубопроводов, углубления отстойных акваторий промышленных предприятий и портов, а также для гидронамыва и рекреации земель. Землесосы могут работать на барах сибирских рек в морских условиях. Эти суда имеют глубину грунтозабора 14 м и снабжены разрыхлителями. Парк черпаковых земснарядов производительностью от 150 до 600 м³/ч предназначен для работы на тяжёлых грунтах и оснащён, как правило, двумя черпаковыми цепями – литыми и литосварными. Земснаряды предназначены для работ в речных и озёрных условиях и имеют глубину черпания до 14 м.

Как на новых земснарядах в предперестроечные годы повысилась производительность труда, может служить такой пример: на многочерпаковом шаландово-рефулерном земснаряде «Иртышская 7», производительностью 250 м³/ч, работавшем до 60-х годов, экипаж насчитывал 87 человек, на землесосах верфи «Чешская Лоденица», производительностью 750 и 1000 м³/ч, команды состоят из 19 человек.

Существенное увеличение протяжённости судоходных внутренних водных путей и увеличение на них глубины в советский период были достигнуты за счёт значительного увеличения количества работающих земснарядов, повышения их производительности и усовершенствования оборудования.

Перед Великой Отечественной войной на внутренних водных путях были осуществлены крупные выправительные работы. В европейской части Советского Союза, под руководством Б.М. Хитова, была выправлена река Белая в Башкирии, в Белоруссии был реконструирован, построенный ещё в XVIII веке, Днепро-Бугский судоходный канал, с выправлением рек – Днепра, в его верхнем течении и его притоков – Припяти и Сож. На Волге по предложению Л.И. Кустова внедрена система дифференцированных глубин, распространившаяся

ся на все бассейны страны.

После Октябрьской революции реконструкция внутренних водных путей проводилась планомерно. Уже в плане ГОЭЛРО предусматривалось комплексное использование водных ресурсов для целей энергетики, транспорта и орошения и улучшения судоходных условий на Волге, Неве, Дону, Каме, в том числе: регулирование стока Волхова, Свири, Днепра, Северного Донца и строительство ряда межбассейновых соединений.

В советские годы отечественный внутренний водный транспорт освоил для судоходства многие новые реки и озёра. Более чем в два раза возросла протяжённость эксплуатируемых водных путей. Большинство их (до 80%), стало иметь навигационное ограждение.

На многих реках значительно увеличены глубина, ширина и радиус закругления судовых ходов, причём на 60% протяжённости установлена гарантия габаритов, которой в дореволюционный период не существовало.

Началось освоение для судоходства северных сибирских рек, прерванное войной и вновь весьма расширенное в конце сороковых годов XX века.

В послевоенные годы были вновь созданы и развили свою эффективную деятельность группы учёных внутренних водных путей. Ленинградская, возвратившихся из эвакуации крупных профессоров ЛИВТа – В.М. Маккавеева, А.И. Чекренева, К.В. Гришанина, Н.А. Семанова и учёных Государственного гидрологического института – А.В. Караушева, И.В. Попова, Н.Е. Кондратьева, Б.Ф. Снищенко. В группу москвичей, работавших в Центральном научно-исследовательском институте водного транспорта, входили Н.И. Маккавеев, А.С. Стариков, Н.А. Ржаницын, А.И. Лосиевский и другие. В главном управлении водных путей и гидросооружений Министерства речного флота СССР работали известные и талантливые инженеры-путейцы, как П.А. Леонов, Г.Л. Садовский, С.Н. Григорьев, В.А. Фильков, Д.И. Горбунов.

Практика развития и эксплуатации внутренних водных путей выдвинула также заметных инженеров бассейновых управлений пути, как А.С. Вильперт (Северная Двина), И.А. Шадрин (Ока), Б.М. Хижов (Белая), П.П. Банников, Ю.А. Долженко (Лена), А.В. Мясников и Г.Ф. Гусев (Иртыш) и многих других.

В Омске в Сельскохозяйственной академии, выросшей из «Опытного хутора Сибирского казачьего войска», образованного ещё в петровские времена начала XVIII века, в тридцатые и сороковые годы XX века на гидротехническом факультете, работали крупные гидротехники-русловики и гидравлики Б.А. Пышкин, А.А. Учинчус, И.И. Агроскин, деканом гидрофака был будущий писатель и академик С.П. Залыгин.

Тогда в сельхозакадемии совместно с Иртышским бассейновым управлением пути была создана первая в Сибири русловая гидравлическая лаборатория, в которой исследовались варианты проектов выправительных сооружений на Иртыше и его притоках, оперативно осуществлявшиеся на практике. Наиболее значительным исследованием и практическим осуществлением было выправление мелководных рек Тура и Тобол, от Тюмени до впадения в глубоководный Иртыш. Подлежавшие выправлению реки не давали возможности использования большегрузного флота для перевозки оборудования и материалов начавшемуся в 1953 году освоению нефтегазовых месторождений Западной Сибири, становившейся главным энергопоставщиком страны. За два года путейцы построили более полутысячи выправительных и берегозащитных сооружений и увеличили гарантированную судоходную глубину с 80 до 140 см на протяжении 450 километров. В ходе этого беспрецедентного строительства инженерами-путейцами были разработаны новые принципы гидравлических схем выправления, конструкции сооружений из грунта и механизированные технологии их возведения.

Первая русская книга по внутренним водным путям, называвшаяся «Книга о способах, творящих водохождение рек свободное», появилась в 1708 году. Двадцатый век стал периодом издания серии специальных учебников для изучения курсов водных путей в транспортных ВУЗах. Первым из них был учебник Ф.Г. Зброжека «Курс внутренних водных сообщений» 1915 года; затем учебник Б.Н. Кандибы «Внутренние водные сообщения» 1922 года. Появление современных учебников началось в 1939 году с выходом труда Н.А. Иванова и А.И. Чекренева «Дноуглубление, выправление, обстановка». Алексей Иванович Чекренев

почти полвека заведовавший кафедрой «Водных путей и изысканий» Ленинградского института водного транспорта написал более десятка учебников и учебных пособий, в начале единолично, а затем совместно с профессорами К.В. Гришаниным (ЛИВТ) и В.В. Дегтярёвым (Новосибирская государственная академия водного транспорта). Выдающийся учёный нашего времени К.В. Гришанин написал известные учебные пособия по динамике русловых потоков, гидравлике свободных рек. В.В. Дегтярёву принадлежат учебники по выправлению рек и охране окружающей среды на внутреннем водном транспорте. Книги этих авторов переведены на иностранные языки. Например, в Китайской Народной Республике студенты учатся по учебникам «Водные пути» и «Проектирование выправительных сооружений», переведённым с русского языка.

В последнее время (2005 г.) в Санкт-Петербургском университете издано учебное пособие Г.Л. Гладкова, М.В. Журавлёва и Ю.П. Соколова «Оценка воздействия на окружающую среду инженерных мероприятий на судоходных реках».

После победы над немецким фашизмом, до девяностых годов, путевые работы во всех бассейнах страны бурно и плодотворно развивались, что требовала потребность в водных перевозках, восстановление и подъём экономики страны. В пятидесятые годы возродилось строительство земснарядов.

Ещё в годы первых пятилеток были начаты работы по реконструкции внутренних водных путей России. В результате ввода в эксплуатацию в 1926 году Волховского гидроузла, значительно улучшились условия плавания судов по Волхову. Высоконапорной плотиной Днепрогэс был поднят уровень воды на порогах и Днепр стал судоходным на всём протяжении. Ввод в эксплуатацию в 1933 г. первого гидроузла на реке Свирь, позволил увеличить глубину в её нижнем течении. В результате строительства Беломорско-Балтийского канала, стало возможным прямое водное сообщение между Белым и Балтийским морями.

В середине 30-х годов развернулись большие работы по созданию Единой глубоководной сети Европейской части СССР. На Волге сооружён каскад гидроузлов и водохранилищ, первый из них – Ивановский – вступил в эксплуатацию вместе с каналом им. Москвы. В 1952 г. было завершено строительство Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина, который соединил важнейшие экономические районы Европейской части России – Урал, Поволжье, Центр – с Донбассом и Югом. В 1955 г. на Волге вступили в строй два крупнейших гидроузла, в результате чего гарантированная глубина на Волге и Каме увеличилась на 0,9 м.

Ввод в эксплуатацию в 1955 г. первого гидроузла на Каме, выше Перми, способствовал дальнейшему улучшению условий судоходства на реке. В 1964 г. введено в эксплуатацию Воткинское водохранилище. Тогда же была завершена реконструкция Волго-Балтийского водного пути им. В.И. Ленина, обеспечившего надёжную транспортную связь между экономическими районами Центра и Северо-Запада России. Строительство Беломорско-Балтийского канала, Волго-Донского канала и Волго-Балтийского водного пути, позволило соединить моря, омывающие Европейскую часть России, внутренними глубоководными речными магистралями и образовать единую транспортную систему.

В 50-60-е годы развернулось строительство гидроузлов на восточных реках Сибири. Были построены Иркутская и Братская гидроэлектростанции на Ангаре, Новосибирская на Оби, Бухтарминская и Усть-Каменогорская на Иртыше, Красноярская на Енисее.

С конца XIX века активизировались гидрографические исследования устьев сибирских рек и морских подходов к ним, что превратило внутренние водные пути Северо-Востока страны в связанную Северным морским путём единую транспортную систему, позволяющую проходить судам из портов Европейской части страны. Продолжение начатых ещё в Петровские времена экспедиций братьев Лаптевых исследования рек Якутии, А.И. и Б.А. Вилькицких Обской губы, Енисейского залива и южной части Карского моря в предреволюционное время, плодотворно продолжались в 1918-1934 годы гидрологическими судами «Убекосибири» (управления по обеспечению безопасного кораблевождения на Карском море и в устьях сибирских рек), организатором и первым начальником которого был К.К. Неупокоев, устья Лены, Яны, Индигирки и Колымы изучены П.К. Хмызниковым и другими. Эти работы были не только трудными по климатическим условиям, но и очень опасными. До сих

пор в Обской губе по сгоне вод можно видеть останки погибших в штормы гидрографических судов «Боцман Лайне» и «Штатив», в Енисейском заливе у Ефремова мыса – ледокольного парохода «Вайгач», одного из двух судов, впервые прошедшего морской путь от Берингова пролива до Архангельска, у мыса Буор-Хая близ устья реки Яны погиб знаменитый «Хронометр» (ранее К.К. Неупокоев). Благодаря первопроходцам-гидрографам, стали возможными международные рейсы Комсеверопути в Новый порт в Обской губе и Игарку на Енисее.

Героические экспедиции гидрографов позволили уже в 1939 г. и затем с 1946 г. провести массовый перегон современных речных судов по Северному морскому пути во все сибирские бассейны и существенно увеличить по ним перевозки, которые к 1985 году составили 40%, от всех перевезённых грузов внутренним водным транспортом России.

На верхнем Иртыше, на территории Казахстана, с 1949 года возобновились регулярные рейсы в Китай до г. Буруума, прерванные с дореволюционных времён. Путь на Китайской территории обслуживали русские путейцы. На каменистых порогах плёса Семипалатинск – Семиарск, был пробит безопасный путь через скальные пороги.

На реках Сибири и Якутии была открыта дорога не только глубоководным большегрузным составам, трехдечным пассажирским судам и крылатому флоту; но освоены для судоходства тысячи километров ранее непроходимых таежных и арктических рек, выходящих к Северному морскому пути. Возьмем для примера Ленское бассейновое управление водных путей и судоходства, которое обслуживает широко разветвленную сеть речной системы северо-восточного региона России, насчитывающую более 20 тысяч километров в бассейнах реки Лены и ее притоков: Витима, Алдана, Вилюя, а также рек: Оленек, Яна, Индигирка, Колыма, Анабар. Причем реки являются главными путями сообщения для поставки массовых народно-хозяйственных грузов в Республику Саха (Якутию). По-прежнему наибольший объем перевозок здесь приходится на водный транспорт. Решение задачи по доставке грузов зависит от состояния водных путей. Краткосрочный период навигации и экономические предпосылки, определяют использование на реках крупнотоннажного флота, который, в свою очередь требует создания и поддержания в должном состоянии глубоководного пути.

До 1912 года реки Ленского бассейна оставались в первозданном состоянии. Прimitивные дноуглубительные работы начаты в 1918 году экскаватором на понтоне. К 1936 году таких экскаваторов стало 3, а затем в бассейн были переброшены два многочерпаковых земснаряда, производительностью 150 и 100 м³/ч. Существенное пополнение землечерпательного флота началось с шестидесятых годов прошлого века.

Путевые работы Ленским государственным бассейновым управлением водных путей и судоходства ведутся в чрезвычайно суровых климатических условиях в арктической и субарктической зонах с разницей между летними и зимними температурами более 100 градусов, при морозах на отдельных территориях ниже 60 градусов. Но земля эта богата природными дарами. Именно здесь по якутскому преданию «Бог, пролетая, обморозил пальцы и выронил золото, алмазы и другие сокровища на землю, из самой крупной жемчужины образовалась р. Лена». Трудности сурового климата дополняют мелководье и большие скорости течения в верховьях Лены и других судоходных рек, штормы и льды в низовьях, где, например, ширина реки в отдельных местах достигает 25 км. И в таких тяжелейших условиях за последние 20-30 лет судоходные глубины увеличены за счет проведения комплекса путевых работ на р. Лена от порта Осетрово до п. Витим, на протяжении 758 км – в 2 раза, ниже до г. Якутска и далее до выхода в океан на протяжении 2800 км – в 1,4 раза, на реках Яна, Индигирка, Колыма – в 1,5 раза, а на Янском баре более чем в 5 раз, с достижением транзитной глубины 5 м, что позволяло в течение всей арктической навигации заходить крупным морским судам с Северного морского пути через бар в порт Нижнеянск без перегрузки на морском внешнем рейде.

Этих успехов, ленские путейцы смогли достичь, во-первых, благодаря вниманию к водному транспорту в годы до «перестройки» Правительства страны, когда обеспечивалось стабильное финансирование содержания внутренних водных путей региона, что давало возможность ограждать судоходные трассы 12 тысячами плавучих и береговых навигационных знаков; приобрести и содержать 46 земснарядов, включая высоко-производительные морские землесосы, и достаточный обслуживающий флот. Во-вторых, в бассейне с помо-

щью ведущих научных школ были разработаны новые, более совершенные методы расчетов при проектировании мероприятий увеличения судоходных глубин и обеспечения безопасности судоходства. Учёные Санкт-Петербургского университета водных коммуникаций, Московского университета и Новосибирской государственной академии водного транспорта не только создали теорию, но и осуществили десятки экспедиций на самые отдалённые арктические реки.

В третьих, в Ленском бассейне сложилась квалифицированная инженерная школа из выпускников ЛИВТа, а затем НГАВТа, во главе которой стоит руководитель бассейнового управления водных путей и судоходства, первый и пока единственный доктор технических наук в практических организациях внутренних водных путей – Ю.А. Долженко.

Автор этой статьи связал свою жизнь с водными путями России в 1937 году, т.е. 70 лет назад. Моими учителями, были лично многие корифеи оставившие заметный след в истории водного транспорта – Н.И. Маккавеев, В.М. Маккавеев, К.В. Гришанин, А.И. Чекренев, Н.А. Ржаницын, Б.А. Пышкин, И.Л. Розовский, П.А. Леонов, С.Н. Григорьев, А.И. Лосиевский. Многие из них работали с В.Е. Тимоновым и В.Г. Клейбером и хорошо их помнили и почитали. К сожалению, моих учителей давно уже нет в живых, да и сам я уже глубокий старик. Имена путейцев-первопроходцев незаслуженно стали забываться, а это прискорбно и мне хотелось рассказать молодым путейцам об их предшественниках, которым я весьма благодарен. Тем более, за долгий трудовой путь, мне пришлось заниматься практически всеми сибирскими бассейнами, а также побывать в командировках во всех управлениях пути европейской и средне-азиатской частях Советского Союза и сопоставить достижения отечественных путейцев с зарубежным водным транспортом – Европы, США и Канады в Северной Америке, Индии, Китая, Вьетнама, и многих других стран, где я бывал, как член Генеральной ассамблеи Постоянной международной ассоциации судоходных конгрессов, девизом которой было «Судоходство объединяет народы».

Свой краткий обзор посвящаю 39 кандидатам и 8 докторам наук, у которых я был научным руководителем при подготовке диссертаций по специальности «Водные пути сообщения и гидрография».

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

РЫНОК ИНТЕЛЛЕКТА

Ю.В. Демин, Р.С. Коресс, А.И. Мозиллов

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Современная ситуация в системе среднего и высшего образования характеризуется снижением общего уровня качества подготовки и отсутствием качественных изменений в концепции образования, соответствующим потребностям нового периода. Существуют различные варианты развития системы образования, однако создание и проработка качественно иной модели обучения, сочетающей в себе элементы подготовки, контроля и интеграции в рынок профессиональных услуг является важным и неосуществленным проектом, для эффективной реализации которого необходима государственная поддержка.

Предлагаемая концепция образования базируется на нескольких ключевых моментах (рисунок 1):

- Интерактивность образовательного процесса;
- Непрерывное отслеживание уровня усвоения материала;
- Создание интеллектуального рынка.

Существующие требования к качеству образования и количеству усвоенной информации невыполнимы без применения новых технологий, причем не простое использование компьютерной техники для решения классических задач обучения, а постановка и решение принципиально новых.



Рисунок 1 – Концепция образования

Одной из таких задач является создание интерактивной системы обучения. Интерактивность должна пониматься в самом широком смысле слова. На текущем этапе может быть создана система, объединяющая преподавателя (источник информации), искусственный интеллект (компьютер, арбитр) и обучаемого (приемник информации). Взаимодействие такой системы (источник-арбитр-приемник) может быть очень глубоким и охватывать различные сферы познания (рисунок 2). Все связи системы являются двунаправленными и позволяют организовать саморазвивающийся организм, повышающий эффективность каждого элемента. Конкретный пример функционирования такой системы может быть следующим. Образовательным элементом является компьютерная программа (КомАр - компьютерный арбитр), построенная по модульному принципу с многоуровневой структурой. Обучаемый начинает с простых заданий в конкретной предметной области и по мере решения продвигается к более сложным задачам. В зависимости от способа решения программа изменяет сценарий предлагаемых задач и их трудности, подстраивается под конкретного обучаемого. Таким образом, достигается индивидуализация программы обучения в конкретной предметной области, а набор программ для разных дисциплин позволяет гибко варьировать весь курс подготовки будущего специалиста.

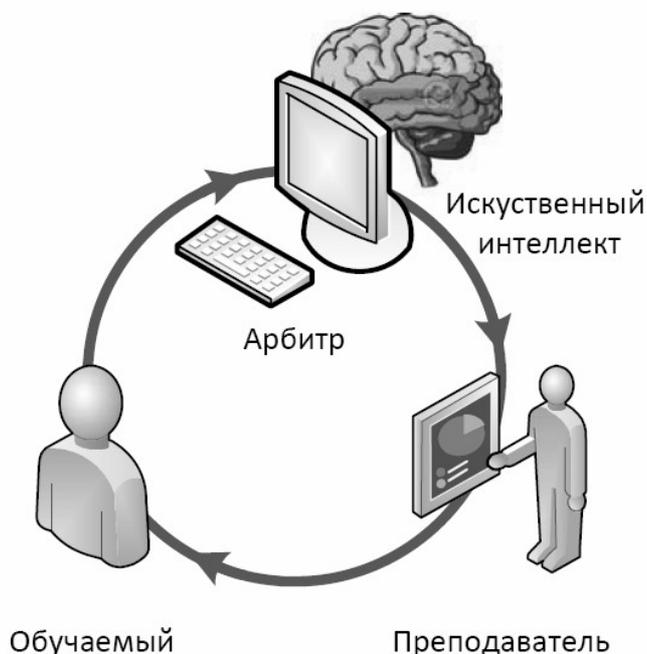


Рисунок 2 – Интерактивная система обучения

Со стороны преподавателя процесс начинается с создания информационных модулей для программы КомАр, покрывающих весь изучаемый курс и имеющий несколько уровней детализации (поверхностный, простой, детальный, нестандартный). Модуль представляет

РЫНОК ИНТЕЛЛЕКТА

собой тематический набор теоретической информации, оформленной с использованием всех современных возможностей мультимедиа (текстовая, графическая, аудио-видео информация). При отсутствии у преподавателя компьютерных навыков, создание модулей может осуществляться с привлечением консультанта-ассистента. Возможно создание различных вариантов информационных модулей курса разными преподавателями (рисунок 3).

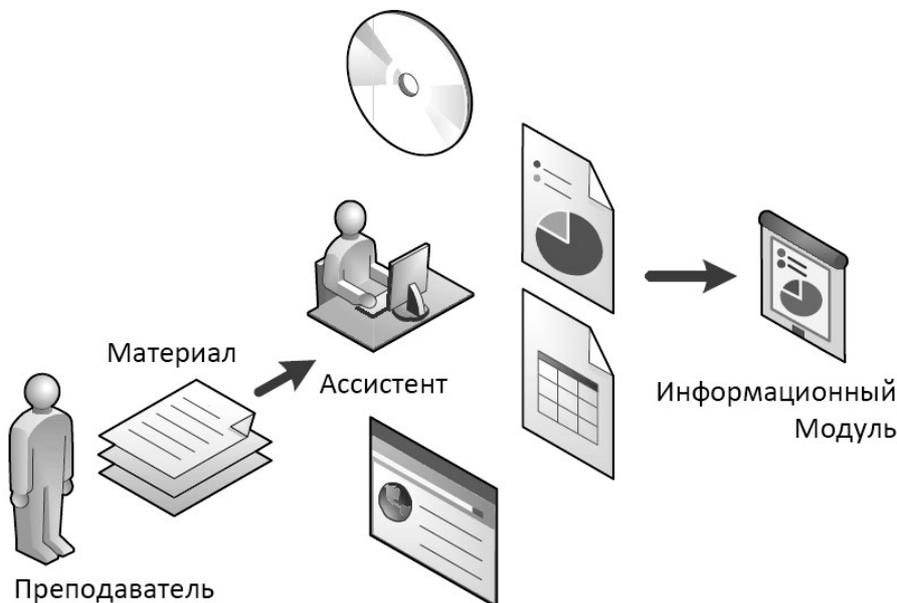


Рисунок 3 – Компьютерный арбитр

Программа КомАр является универсальной основой, интеллектуальной оболочкой для информационных модулей, управляет выдачей информации, контролирует все действия обучаемого, ведет статистику использования (заинтересованности) тех или иных информационных модулей и дает рекомендации преподавателю по повышению эффективности образовательного процесса. Ключевой особенностью данной программы является непрерывность контроля усвоения знаний обучаемого. Каждый обучаемый имеет индивидуальную карту памяти (ИКП) в которой фиксируется весь образовательный процесс. На карте фиксируются все интеллектуальные характеристики будущего специалиста: результаты тестирований по всем изученным курсам, набор предметов, склонность к тем или иным областям знаний, глубина восприятия материала, стандартность или нестандартность мышления и т.д. В ходе сеанса работы с программой, данные обучаемого непрерывно обновляются, что дает возможность применения интегральных оценок уровня знаний, более полно отражающих реальную картину (рисунок 4).



Рисунок 4 – Индивидуальная карта памяти (ИКП)

Преподаватель как источник информации тоже вовлечен в непрерывный процесс образования. В зависимости от частоты использования модулей конкретного преподавателя и оценки их качества обучаемым (двустороннее тестирование) программа выдает рекомендации по улучшению информационных модулей, что дает некоторый стимул развитию самих преподавателей, повышению профессионального уровня и расширению творческого диапазона.

Система обучения, основанная на данных принципах, может быть применена на всех этапах образования человека. Различные формы обучающих модулей, например, в виде увлекательной красочной игры, дает возможность использовать подход, начиная с самого раннего возраста. Причем существующие технологии позволяют изготовить обучающий компьютер для детей в форме книги, для того, чтобы развитие ребенка не ограничивалось увлечением классическими компьютерными играми. По мере взросления естественным будет использование таких систем в школе, в институте, при профессиональной подготовке и повышении квалификации и т.д. Использование одной и той же индивидуальной карты памяти дает возможность проследить весь путь развития человека и довольно полно оценить его интеллектуальные возможности и черты характера, его потенциал.



Рисунок 5 – Выбор соискателей

Широкое применение подобных технологий образования и непрерывного контроля уровня интеллектуальных возможностей является предпосылкой к созданию рынка интеллекта. Существующая ситуация на рынке труда по большей части является лотереей для работодателя и не позволяет назначить соответствующее уровню наемного работника вознаграждение. Появление соискателей на должность с прозрачной историей интеллектуального развития и интегральными оценками уровня знаний дает возможность работодателю выбрать нужного специалиста с необходимым уровнем знаний и корректно установить уровень заработной платы. Причем ситуация свободного рынка, когда имеется несколько работодателей и несколько работников, будет вынуждать обе стороны действовать на конкурсной основе. Соответственно, человек, имеющий высокие интегральные оценки при спросе на его услуги со стороны нескольких работодателей может вполне рассчитывать на достойный уровень материального обеспечения. Работодатель же, имея привлекательное направление деятельности и условия труда, сможет выбрать наиболее подходящего кандидата и максимально эффективно использовать его навыки (рисунок 5). Логичным является создание единой базы данных соискателей (реестра), в котором будут указаны общие параметры интеллектуального развития, позволяющие сделать обоснованный вывод о потенциальном соответствии требованиям работодателя. В таких условиях очевидным становится преимущество человека, имеющего подробную историю (карту памяти), перед специалистом, не имеющим таковой.

Использование подобных интерактивных анализирующих двунаправленных систем не

имеет пространственных ограничений. Сценариев использования может быть несколько - от очной формы обучения, при которой возможны комбинации компьютерного тренажера и непосредственного общения с преподавателем до применения в системах дистанционного образования с использованием современных телекоммуникационных возможностей (рисунок 6).



Рисунок 6 – Системы образования

Нестандартный творческий подход к созданию и грамотная реализация концепции образования, соответствующей многообразию современных противоречивых требования в этой сфере, будут способствовать качественному изменению направления развития России как высокотехнологичного государства, главным богатством которого является интеллект и люди, им обладающие.

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ КУЛЬТУРОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Е.А. Мальцева

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Применение активных методов обучения является необходимой составляющей процесса обучения культурологии в техническом вузе. Активизировать познавательную деятельность студентов позволяют такие методы, как проблемная лекция, применение наглядных методов обучения, знакомство с первоисточниками, работа в малых группах и парах сменного состава, тестирование.

Культурология является дисциплиной федерального компонента стандарта по подготовке специалистов и преподается студентам всех специальностей технических вузов, занимая важное место в социально-гуманитарном блоке. Её цель состоит в формировании у студента целостного представления о культуре, приобщении к общечеловеческим и национальным культурным ценностям. Овладение знаниями в области культурологии способствует становлению личности, свободно ориентирующейся в социокультурном пространстве, умеющей синтезировать технические и гуманитарные знания и творчески применять их в профессиональной деятельности.

Особенностью преподавания культурологии в высшем учебном заведении технического профиля является недостаточная гуманитарная подготовка студентов, низкая заинтересованность в предмете. В связи с этим особенно актуальной становится проблема использования современных методов обучения, которые позволяют стимулировать познавательные мотивы и интересы студентов. В настоящее время много говорится о необходимости акцентирования в ходе обучения процесса познания, успешность которого зависит от познавательной активности студентов. Активные методы обучения являются предметом научного анализа [1-5], а также успешно внедряются в практику образовательного процесса.

А.М. Смолкин дает следующее определение активным методам обучения: «Это спосо-

бы активизации учебно-познавательной деятельности студентов, которые побуждают их к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения материалом, когда активен не только преподаватель, но активны и студенты» [3].

В Новосибирской государственной академии водного транспорта в процессе преподавания культурологии активные методы применяются в синтезе с методами традиционными. Это позволяет сохранять традиции высшей школы и в то же время модернизировать учебный процесс.

Активные методы применяются на всех этапах учебного процесса (на стадии получения знаний, на этапе закрепления материала, в процессе выработки умений и навыков), а также на всех видах аудиторных занятий со студентами. Наиболее сложной представляется активизация деятельности студентов на лекционных занятиях. Приемлемой формой в данном случае является проблемная лекция, но она допустима к применению лишь в небольших группах (условия так называемых «поточных» лекций не позволяют активно вовлекать студентов в обсуждение проблемы). Однако когда лекция читается в небольшой группе (а в НГАВТ такая возможность существует), применение данного метода становится эффективным.

Особенностью проблемной лекции является выдвижение спорных положений, привлечение к их обсуждению студентов и в результате – совместное принятие решения. Такая организация работы в аудитории позволяет отвлечь студента от механического записывания текста вслед за монологом преподавателя, активизирует его самостоятельное мышление. В курсе культурологии особенно удачно данный подход применим при изучении таких тем, как «Нравственная культура», «Мифология, религия, философия как формы самосознания культуры», «Искусство как социокультурный феномен», «Техника и её место в культуре», «Проблемы современной культурной ситуации».

Хороший эффект дает применение наглядных приемов обучения в ходе проведения лекции – демонстрация иллюстраций, фрагментов видеофильмов с помощью электронных средств, что помогает лучше понять и усвоить изучаемый материал, а также повышает эмоциональное восприятие новой для студента информации. Это становится особенно важным при изучении особенностей культуры разных эпох и народов.

Большой простор для применения активных методов обучения дают практические занятия. Именно здесь применимы разнообразные способы вовлечения студентов в творческую мыслительную деятельность.

Несомненно важным в процессе изучения культурологии является знакомство с первоисточниками – текстами мифов, художественных произведений, исследовательскими работами теоретиков культуры. Задания для работы с текстами могут быть разнообразны: это комментированное чтение, составление плана прочитанного материала, объяснение терминов с использованием справочной литературы, поиск в источнике ответов на поставленные вопросы, заполнение таблиц на основе изучаемых текстов, формирование собственного мнения с учетом современного состояния обсуждаемой проблемы.

Метод, побуждающий студента к самостоятельному поиску знания – работа в малых группах и парах сменного состава. Активное обсуждение предложенных заданий способствует развитию навыков командной работы, вырабатывает умение четко излагать свои мысли, увлекает обучающихся, заставляет их максимально активизироваться, работать на общий результат.

В практике преподавания культурологии преподавателями кафедры философии и права НГАВТ успешно применяются такие игровые приемы обучения, как кроссворды [6]. Выполнение подобных заданий, требующих не только знания, но и находчивости, сообразительности, помогают закреплению материала через активацию эмоциональной сферы.

В ходе изучения истории мировой культуры студенты должны ознакомиться не только с текстами, иллюстрациями, но и с подлинными произведениями западного и отечественного искусства. Такую возможность предоставляет посещение художественного музея, знакомство с его экспозицией. Результаты посещения музея находят отражение в индивидуальных отчетах, которые содержат теоретическую часть (характеристику видов искусства, периодов развития отечественной живописи, творчества русских художников), написанную на основе

изучения специальной литературы или средств Интернета и практическую часть (анализ экспозиции музея), являющейся самостоятельной, авторской работой.

Важной стадией учебного процесса является промежуточная и итоговая аттестация студентов. Её проведение возможно с применением тестирования. Тестовые методы контроля знаний ориентируют студента на творческую поисковую деятельность. Тестирование с помощью компьютерных технологий позволяет заинтересовать студента современным подходом и возможностью быстрого получения оценки.

Таким образом, процесс преподавания культурологии в техническом вузе позволяет успешно применять активные методы обучения, превращая студента из пассивного слушателя в активного участника познавательного процесса, что повышает общее качество подготовки специалистов, способствует формированию разностороннего кругозора современного инженера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Активные формы и методы обучения в вузе:** Тез. межвуз. конф., Рязань, 25 янв. 1994 г. / [Редкол.: Л.К. Гребенкина (отв. ред.) и др.]. -Рязань: РГПУ, 1994. -228 с.
- 2 **Вербицкий, А.А.** Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А.А. Вербицкий // -М.: Высшая школа, 1991. -153 с.
- 3 **Смолкин, А.М.** Методы активного обучения / А.М. Смолкин // -М.: Высшая школа, 1991. -176 с.
- 4 **Современные методы обучения и организации учебного процесса:** Материалы рос.-нем. семинара, 22 сент. – 4 окт. 1998 г. (г. Брюль, Германия) / Гос. ун-т упр., Ин-т гос. службы; Под ред. Афанасьева В.Я. -М.: 1999. -120 с.
- 5 **Формы и методы активного обучения** / М.В. Каретников, Т.М. Каретникова, А.Ф. Попова, М.Г. Федькин; [Редкол.: Попов А.Н. (науч. ред.) и др.]; Моск. гос. ун-т коммерции, Челяб. ин-т коммерции. -Челябинск, 1996. -72 с.
- 6 **Цепелева, Н.В.** Теория и история культуры: Практикум по курсу «Культурология» / Н.В. Цепелева // -Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2006. -Ч.1. -37 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Кузьмичев И.К.

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕПРЕРЫВНОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА 3

Зачесов А.В.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СУДОХОДСТВА НА МАЛЫХ РЕКАХ СИБИРИ 24

Виниченко В.А.

УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА
ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ – ТИХИЙ ОКЕАН..... 29

Зрелкина Т.А.

ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НОРМИРОВАНИЯ
ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ПОДТЁСОВСКАЯ РЭБ ФЛОТА» 35

Попкова Д.В.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ МАРКЕТИНГОВОЙ МОДЕЛИ
В ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКЕ 39

Фюттик И.Г., Путилова Н.Н.

НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
РИСКОВ – ТРЕБОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ
СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ 42

Панова А.Г.

РОЛЬ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ
САХА (ЯКУТИЯ) В МИРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЕ..... 53

Шаталова О.С.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ
РЕЧНЫХ ПОРТОВ
СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА 63

СУДОВОЖДЕНИЕ

Стручков В.И.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА
В СИСТЕМЕ «СУДОВОДИТЕЛЬ-СУДНО-ПУТЬ» 65

Сичкарёв В.И., Маркин А.П.

ОЦЕНКА ВЫСОТ ВОЛН В ЗОНЕ МАКСИМУМА ВОЛНЕНИЯ
БЫСТРОДВИЖУЩЕГОСЯ ЦИКЛОНА..... 68

Чернышов П.С., Приданова О.В.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ ЗА ВИНТОВЫМИ
ДВИЖИТЕЛЯМИ СУДОВ 76

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Демин Ю.В., Иванов Г.В., Кравченко Б.С., Кислицин Е.Ю., Мозиллов А.И., Алаев Е.Г. ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО БЕТОНА (БЕТЭЛА) ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ЗАЗЕМЛЯЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ	78
Вяльцев И.В., Гросс В.Ю. АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ ЖЁСТКОСТИ И НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ.....	81
Иванов Г.В., Кравченко Б.С., Мозиллов А.И., Чураков А.А., Лесных А.С. КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	86
Гурова Е.Г. ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОМПЕНСАТОРА ЖЕСТКОСТИ.....	96
Гросс В.Ю., Гурова Е.Г. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОРРЕКТОРА ЖЕСТКОСТИ.....	98

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Фомин В.И., Куделин О.Г. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ	101
Куделин О.Г., Плесовских А.А., Фомин В.И. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ НА ТАКТЕ ВЫПУСКА.....	104
Куделин О.Г., Смирнова Е.В. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОДНОГО КЛАССА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРАЛОВ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ С ПОМОЩЬЮ БЕСКОНЕЧНЫХ СУММ.....	107
Пахомова Л.В. ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ НА ЭКИПАЖИ.....	109
Алемасов В.А., Баранов Д.И., Бимуханов М.Д., Зырянов В.М., Мосиенко А.Б. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	113
Бимбереков П.А., Плесовских А.А. РЕМОНТ РАМНЫХ СУДОВЫХ БАЛОК С ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ, УСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ЛИСТОВОГО ЭЛЕМЕНТА	120

СОДЕРЖАНИЕ

Романченко М.К., Романченко А.М.

ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ
СЖАТОЙ ПРУЖИНЫ 124

Сибриков Д.А., Титов С.В., Шмаков В.Д., Шулгестеров Д.В., Юр Г.С.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ КАПЕЛЬ
ВОДО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ В
ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ..... 127

Фомичева Е.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОР 129

Пушнин В.П.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ АГРЕГАТОВ САЖИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАЗЦОВ..... 133

Егоров В.Г.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ..... 138

Бекетов А.И., Арабьян Л.К., Токарев А.О., Исаенко Р.В.

ОПЫТ РЕМОНТА СУДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА.
НАПЛАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ..... 139

Пеньков Р.Ф., Токарев А.О., Иванчик И.С., Павлов С.В.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО
ЦИКЛА ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ
СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ..... 145

Шахов С.А.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ
АКТИВАЦИИ ПОРОШКОВ ОКСИДА БЕРИЛЛИЯ..... 149

Шахов С.А.

ФОРМОВАНИЕ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО
ЛИТЬЯ С ПОДПРЕССОВКОЙ..... 154

Исаенко Р.В.

ОЦЕНКА ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ 158

Зуев А.К., Зуев А.А., Ришко Ю.И.

О ПОДОБИИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ
И ТЕОРИИ СВЕТА..... 163

Зуев А.А., Хан Б.К.

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ВИБРИРУЮЩИХ МАШИН..... 165

Арабьян Л.К., Власова Л.В., Мукасеев А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НАПЛАВЛЕННОГО
ТВЕРДОГО СПЛАВА 167

СОДЕРЖАНИЕ

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Гордеев О.И.

О МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ САЛЬТИРУЮЩИХ
ЧАСТИЦ ПРИДОННЫХ НАНОСОВ 169

Бик Ю.И., Шаталов А.А., Шаталова О.С.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧАЛЬНОЙ
НАБЕРЕЖНОЙ ОАО «САХАНЕФТЕГАЗСБЫТ» 174

Прокопьев В.П.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
РАСЧЕТОВ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА
ПО ИЗМЕРЕНИЯМ УКЛОНОВ СПУТНИКОВЫМИ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ 176

Курносов А.Д.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
РИСКОВ ОТ РАЗМЫВА ПОТОКОМ ТРАНСПОРТНЫХ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ 180

Хмелев В.А.

БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЕ И БЕРЕГОЗАЩИТА В ЗОНЕ
ГОРОДОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ РЕКАХ 182

Дегтярев В.В.

К ИСТОРИИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ РОССИИ
И РУССКИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ ГИДРОТЕХНИКОВ
СВОБОДНЫХ РЕК 186

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Демин Ю.В., Коресс Р.С., Мозилов А.И.

РЫНОК ИНТЕЛЛЕКТА 193

Мальцева Е.А.

АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ
ПРЕПОДАВАНИЯ КУЛЬТУРОЛОГИИ
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ 197